차 례

교과서안내

참고	학습에 도움이 될 여러가지 참고자료들과 상식들을 폭넓게 담고있다.	주의	화학실험이나 지식습득에서 반드시 주의를 돌려야 할 내용을 담고있다.
실험	새 지식을 이끌어내고 실험기능을 높이기 위하여 수업시간에 하는 새기기실험(또는 보이기실험)이다.	해보기	쉽게 얻을수 있는 시약이나 기구를 리용하여 자체로 해보는 과외실험이다.
발전	배운 내용에 기초하여 한계단 높은 지식을 습득하기 위한 내용을 담고있다.	탐구	지적능력을 높이기 위한 실험 및 응용문제들을 포함하고있다.
?	이미 배운 내용을 다지고 새로운 지식과의 련관을 맺어주기 위한 물음이다.	장종합	해당 장의 내용을 호상련관속에서 종합체계화하여 알기 쉽게 묶어준것이다.

머리말

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《나라의 경제력을 강화하고 인민생활수준을 빨리 높이자면 화학공업을 결정적으로 발전시켜야 합니다.》

화학을 연구하고 그 힘을 빌어 사람들은 입고 먹고 쓰고 사는데 필요한 여러가지 물질들을 해결하고있다.

화학공업을 결정적으로 발전시켜야 나라의 경제력을 강화하고 인민생활수준을 높여나갈수 있다.

화학공업을 발전시키는데서 나라의 지하자원을 적극 개발하여 리용하며 우리 나라의 실정에 맞게 주체적인 생산방법을 적극 연구도입하는것이 중요한 문제로 나선다.

오늘 우리 나라에서는 위대한 수령님과 위대한 장군님의 현명한 령도에 의하여 주체철이 쏟아지고 질높은 마그네샤크링카가 생산되고있다.

5학년에서는 4학년에서 배운 물질에 대한 지식과 멘델레예브 원소주기법칙에 토대하여 비금속원소 및 금속원소와 그 화합물 그리고 선철과 강철, 카바이드와 마그네샤크링카를 만드는데서 기초로 되는 산화환원반응과 반응열에 대한 지식을 배우게 된다. 또한 기본유기화합물과 그 부류에 대한 지식을 배우게 된다.

우리는 5학년 화학학습을 통하여 물질연구에 대한 지식을 튼튼히 다져나가는것과 함께 우리 나라의 화학공업을 주체적으로 발전시켜나가기 위한 원대한 포부를 키워나감으로써 경애하는 **김정은**선생님께 끝없이 충직한 유능한 혁명인재들로 준비하여야 한다.

제1장. 비금속원소와 그 화합물

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《우리가 지하자원을 적극 개발하여 리용하면 우리 나라의 경제는 더욱 발전하고 우리 인민들의 생활은 훨씬 높아질것입니다.》

지금까지 알려진 110여가지의 원소들가운데서 비금속원소는 16가지정도밖에 안되지만 자연계의 물질을 이루고있는 기본원소들이다.

위대한 장군님께서는 과학기술이 발전하고 사람들의 생활수준이 점차 높아짐에 따라 비금속자원에 대한 요구가 늘어나는것은 세계적추세라고 하시면서 비금속자원에 대한 연구사업을 강화해나갈데 대하여 가르쳐주시였다.

비금속자원을 비롯한 지하자원을 적극 개발하여 리용하여야 우리 나라의 경제를 더욱 발전시키고 우리 인민들의 생활을 훨씬 높일수 있다.

이 장에서는 대표적인 비금속원소와 그 단순물, 화합물의 특성에 대하여 학습한다.

제1절. 염소와 그 화합물

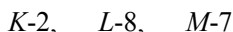
우리 나라는 세면이 바다로 둘러싸여있으므로 바다자원이 풍부하다. 그속에 많이 포함되여있는 염소 및 할로겐화합물들을 적극 개발리용하는것은 경제를 발전시키고 인민생활을 향상시키는데서 중요한 의의를 가진다.

염소원소

염소원소는 멘델레예브원소주기표에서 어느 자리에 놓여있는가.

염소원소는 주기표에서 제3주기 17족에 놓여있다.

그러므로 염소원자의 전자배치는 다음과 같다.

K-2, L-8, M-7

염소원소의 원자는 최외전자수가 7이므로 전자 1개를 받아들여 안정한 8전자배치를 이루려는 성질 즉 전기적음성이 세며 전기음성도값은 3으로서 모든 원소들가운데서 세번째로 크다.

? 전기적음성이 보다 센 원소들은 어떤 원소들인가?

염소원소는 화합물을 만들 때 1개의 전자를 받거나 7개의 최외전자를 내줄수 있으므로 가장 작은 산화수는 -1, 가장 큰 산화수는 +7이다. 이밖에도 염소는 +1, +3, +4, +5, +6의 산화수를 가지는 화합물을 만든다.

$$\mathrm{H}\overset{-1}{\mathrm{Cl}},\ \overset{+1}{\mathrm{Cl}}_2\mathrm{O},\ \mathrm{H}\overset{+3}{\mathrm{Cl}}\mathrm{O}_2,\ \overset{+4}{\mathrm{Cl}}\mathrm{O}_2,\ \mathrm{H}\overset{+5}{\mathrm{Cl}}\mathrm{O}_3,\ \overset{+6}{\mathrm{Cl}}_2\mathrm{O}_6,\ \overset{+7}{\mathrm{Cl}}_2\mathrm{O}_7$$

(?) 불소는 염소와 같은 족에 놓여있지만 -1의 산화수만을 가진다. 그 까닭은 무엇인가?

염소의 산소화합물

염소의 화합물들에서 염소의 산화수가 +1－+7인것은 산소화합물과 불소화합물에서 찾아볼수 있다.

이산화염소 ClO_2

이산화염소는 자극성냄새를 가진 누런풀색의 무거운 기체이며 쉽게 붉은밤색의 액체로 액화된다.(끓음점 9.9℃)

이산화염소는 매우 불안정한 물질이며 조금 가열하면 쉽게 염소와 산소로 분해된다.

이산화염소의 특징은 섬유소를 파괴하지 않으면서 표백능력이 큰것이다.

현시기 광폭멸균소독제로서 널리 쓰이고있다.

참고 광폭멸균소독제-이산화염소

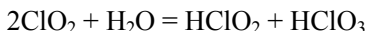
최근 우리 나라에서는 과학자들의 정력적인 탐구의 결과 광폭멸균소독제인 이산화염소가 연구개발되여 널리 쓰이고있다.

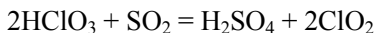
이산화염소 ClO_2은 여러가지 세균과 비루스들에 대한 뛰여난 멸균소독능력을 가지고있으며 또한 높은 표백능력과 나쁜 냄새를 없애는 능력을 가지고있다.

이산화염소는 지금까지 많이 써오고있는 소독제들인 차아염소산나트리움 NaClO나 표백분과는 달리 소독에 쓰는 과정에 유해로운 물질이 생겨나지 않으며 그자체도 독성이 없으므로 환경을 오염시키지도 않는다.

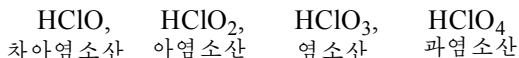
우리의 과학자들은 이산화염소를 만들어내는 방법과 만드는 장치도 새로 연구개발하였다.

이산화염소는 물에 잘 용해되는데 이때 아염소산과 염소산을 만든다.

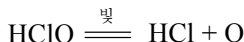
$$2ClO_2 + H_2O = HClO_2 + HClO_3$$

이산화염소는 공업적으로 염소산의 수용액을 이산화류황과 작용시켜 만든다.

$$2HClO_3 + SO_2 = H_2SO_4 + 2ClO_2$$

염소의 산소산과 그 염

염소는 +1, +3, +5, +7의 산화수를 가지는 산소산을 만든다.

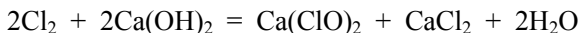
$HClO$,	$HClO_2$,	$HClO_3$,	$HClO_4$
차아염소산	아염소산	염소산	과염소산

$HClO$와 $HClO_2$은 묽은 용액에서만 안정하며 산으로서는 매우 약한 산이다.

차아염소산은 해빛을 받으면 쉽게 분해되여 원자상태의 산소를 내보낸다.

$$HClO \xlongequal{\text{빛}} HCl + O$$

분해되여 생긴 원자상태의 산소가 활성이 매우 크므로 미생물을 죽이거나 표백작용을 한다.

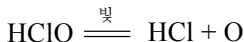
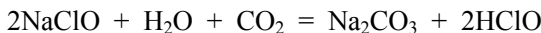
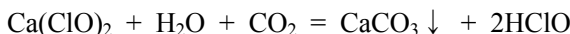
차아염소산염에서 중요한것은 $NaClO$와 $Ca(ClO)_2$이다.

$$Cl_2 + 2NaOH = NaClO + NaCl + H_2O$$

$$2Cl_2 + 2Ca(OH)_2 = Ca(ClO)_2 + CaCl_2 + 2H_2O$$

차아염소산염은 공기중의 CO_2의 작용을 받아 분해된다.

$$Ca(ClO)_2 + H_2O + CO_2 = CaCO_3\downarrow + 2HClO$$

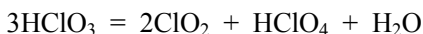
$$2NaClO + H_2O + CO_2 = Na_2CO_3 + 2HClO$$

$$HClO \xlongequal{\text{빛}} HCl + O$$

이 반응에 의해서 살균작용과 표백작용을 하게 되므로 차아염소산염은 음료수를 정화하는데와 냄새를 제거하는데 리용된다.

염소산 $HClO_3$은 용액에서만 알려진 산이며 40%농도까지 얻을 수 있다.

짙은 염소산용액은 불안정하며 조금만 가열하여도 쉽게 분해된다.

$$3HClO_3 = 2ClO_2 + HClO_4 + H_2O$$

$$2ClO_2 = Cl_2 + 2O_2$$

40% 염소산용액을 종이에 적셔서 공기중에 놓아두면 잠시후

불이 붙는다.

이런 특성은 염소산칼리움($KClO_3$)을 녹음점(356℃)이상으로 가열할 때에도 나타나므로 염소산칼리움은 성냥, 불꽃, 화약만들기에 리용된다.

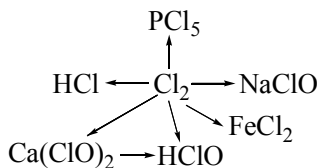
과염소산 $HClO_4$은 알려진 산들가운데서 가장 센산이며 용액이 아닌 순수한 상태로도 얻을수 있다.

무수과염소산은 피부에 닿으면 낫기 힘든 화상을 입지만 그 수용액은 전혀 위험성이 없다.

과염소산염은 조성으로 볼 때 산소원자를 많이 가지고있으므로 가열할 때 산소를 내면서 분해되는 특성이 있다.

특히 NH_4ClO_4은 쉽게 폭발하므로 폭발물을 만드는데 쓰인다.

문 제

1. 공기속에서 타는 수소불꽃(수소가 나오는 유리관에 불을 붙인것)을 염소기체가 든 그릇속에 넣어도 수소는 불꽃을 내면서 계속 탄다.
   연소와 관련된 아래의 표현에서 정확한것을 선택하여라.
   ㄱ) 연소는 일정한 빛을 내는 반응
   ㄴ) 연소는 산화수가 변하는 반응
   ㄷ) 연소는 산소가 참가하는 반응
   ㄹ) 연소는 많은 열을 방출하는 반응
   ㅁ) 연소는 일정한 열과 빛을 내면서 산화수가 변하는 반응
2. 소금 11.7g에 류산을 충분히 작용시키면 20℃, 0.2MPa에서 염화수소기체가 몇L 생기겠는가?(답. 2.4L)
3. $Ca(ClO)_2$은 공기중의 탄산가스에 의해서 분해된다.
   ㄱ) 이 물질을 보관할 때 주의할 점은 무엇인가?
   ㄴ) 이 물질을 표백제로 쓸 때 염소수보다 어떤 우점이 있는가?
4. 다음의 변화를 화학방정식으로 나타내여라.

제2절. 류황과 그 화합물

류황은 오랜 옛날부터 잘 알려진 물질이며 우리 나라에서는 색이 누렇다고 하여 《황》이라고 불러왔다.

사람들은 오래전부터 류황을 약재로 써왔으며 류황성분이 많은 온천을 피부병치료에 리용하여왔다.

류황은 자연계에 단순물상태로도 존재하고 화합물상태로도 존재한다.

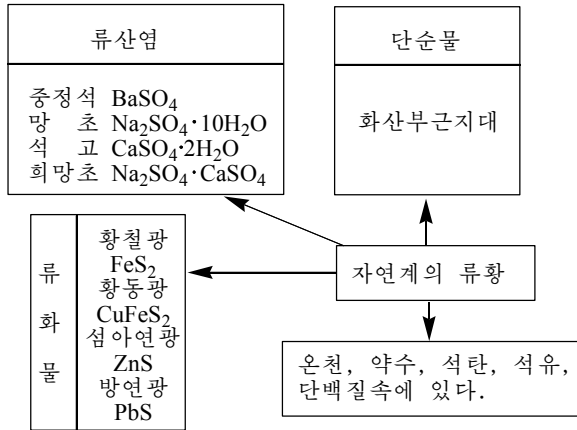



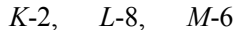
그림 1-1. 자연계의 류황

류황원소

류황원소는 멘델레예브원소주기표에서 어느 자리에 놓여있는가.

류황은 주기표에서 3주기 16족에 놓여있다.

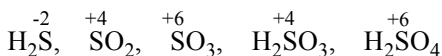
류황원자의 전자배치는 다음과 같다.

$$K\text{-}2, \quad L\text{-}8, \quad M\text{-}6$$

ⓘ 류황원자와 염소원자의 전자배치에서 다른 점은 무엇인가?

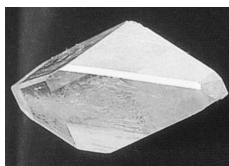
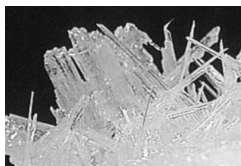
류황원소의 원자는 최외전자수가 6이므로 2개의 전자를 받아 안정한 8전자배치를 이루려는 성질을 가진 음성원소(전기음성도 2.5)이다.

그리고 화합물을 만들 때 2개의 전자를 받거나 6개의 최외전자를 내줄수 있으므로 류황원소의 가장 작은 산화수는 -2이고 가장 큰 산화수는 +6이다.

이밖에도 류황은 산화수가 +4인 화합물도 만든다. 이것은 최외전자 6개가운데서 4개의 전자가 화학결합에 참가한 경우이다.

$$H_2\overset{-2}{S},\quad \overset{+4}{S}O_2,\quad \overset{+6}{S}O_3,\quad H_2\overset{+4}{S}O_3,\quad H_2\overset{+6}{S}O_4$$

류황의 단순물

류황원소는 음성원소이므로 이 원소가 만드는 단순물은 비금속이며 8개의 원자가 고리모양을 이룬 분자 S_8로 이루어진 분자결정이다.

고체상태에서 사방류황과 단사류황으로 불리우는 동소체가 있다.

사방류황

단사류황

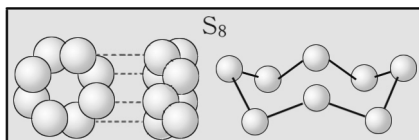



그림 1-2. 류황의 동소체와 분자모형

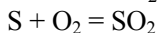
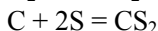
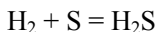
보통조건에서 존재하는것은 사방류황이며 이것을 간단히 류황이라고 부른다.

류황의 색은 노란색이며 밀도는 2.07g/cm^3, 녹음점은 112.8℃이다.

사방류황은 95.6℃에서 단사류황으로 넘어가며 온도가 낮아지면 다시 사방류황으로 되돌아온다.

류황은 높은 온도에서 수소, 탄소, 산소와 같은 비금속과

직접 화합한다.

$$H_2 + S = H_2S$$
$$C + 2S = CS_2$$
$$S + O_2 = SO_2$$

※ 류황은 S_8로 표기해야 정확하다. 그런데 오래전부터 S로 써왔으므로 편의상 S로 나타낸다.

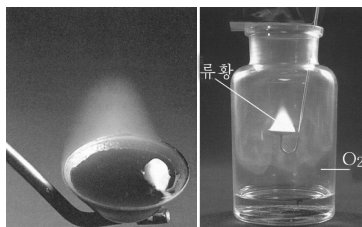
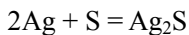



그림 1-3. 류황의 연소

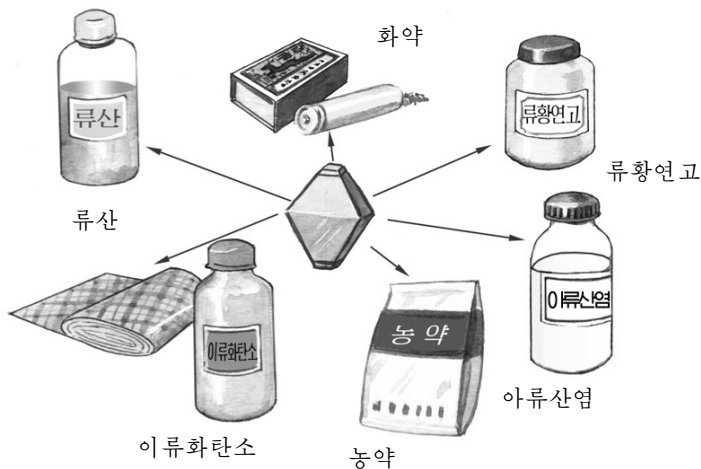
류황은 금, 백금을 제외한 모든 금속들과 반응하여 류화물을 만든다. 이때 많은 열과 빛을 낸다.

$$Fe + S = FeS$$

$$2Ag + S = Ag_2S$$

류황원소와 류황원소보다 전기음성도가 작은 한가지 원소로만 이루어진 화합물을 류화물이라고 부른다.

류황은 살충, 살균능력이 세고 사람들에게 영향을 적게 주므로 피부병치료용연고를 만드는데 쓰이며 고무, 성냥, 화약, 물감 등을 만드는데 쓰인다.

그림 1-4. 류황의 용도

류황과 린의 동소체

동소체는 단순물의 조성과 구조의 차이로 해서 생긴다.

실례로 O_2과 O_3은 조성상 차이로 해서 생기는 산소의 동소체이며 금강석과 흑연은 결정을 이루는 탄소원자들의 배렬방식이 달라 생기는 구조동소체이다.

일반적으로 원자안에 있는 홀전자수가 2이상이면 조성과 구조가 다른 동소체가 생긴다.

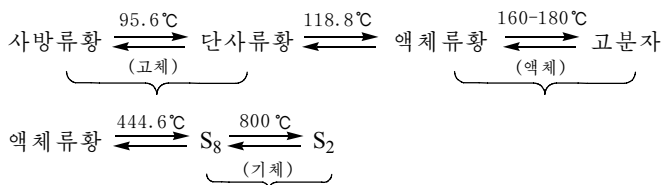
류황원자에는 홀전자가 2이므로 여러 동소체들이 존재한다.

류황의 동소체들은 온도에 따라 서로 전환된다.

$$\text{사방류황} \underset{}{\overset{95.6℃}{\rightleftarrows}} \text{단사류황} \overset{118.8℃}{\rightleftarrows} \text{액체류황} \overset{160\text{-}180℃}{\rightleftarrows} \text{고분자}$$

(고체) (액체)

$$\text{액체류황} \overset{444.6℃}{\rightleftarrows} S_8 \overset{800℃}{\rightleftarrows} S_2$$

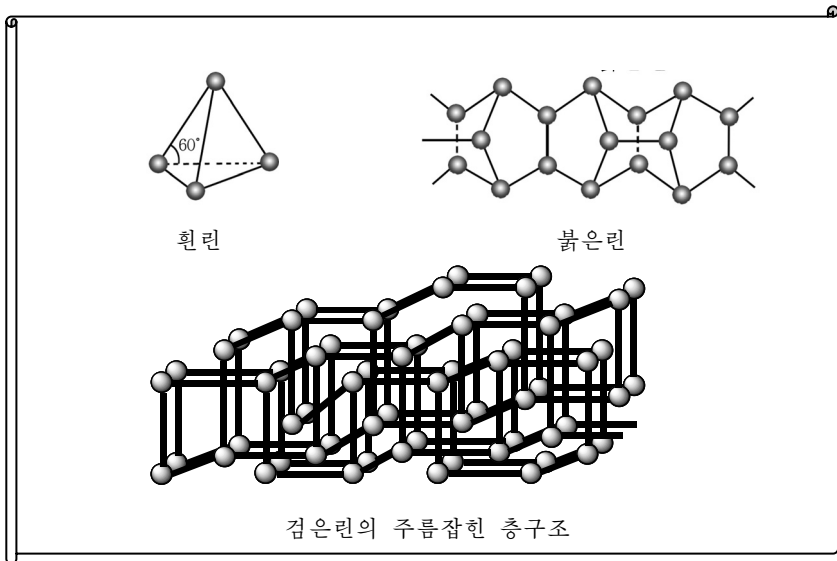
(기체)

사방류황과 단사류황은 결정을 이루는 알갱이인 분자 S_8의 배렬방식이 달라서 생기는 구조동소체이다.

액체류황은 고체류황의 녹은 상태로서 S_8분자로 이루어진 액체이며 고분자액체류황은 고리분자 S_8에서 고리가 열리면서 서로 결합된 고분자 S_∞로 이루어진 점성이 크고 검붉은밤색을 띤 조성동소체이다. 기체상태의 S_8과 S_2도 조성동소체이다.

린원자도 홀전자 3개를 가지고있으므로 류황과 마찬가지로 여러 동소체가 있다.

흰린은 바른4면체구조에 P_4분자로 이루어진 동소체이며 붉은린은 P_4에서 두 린원자사이의 어느 한 결합이 끊어지면서 생긴 서로 다른 P_4들이 결합하여 생긴 P_∞의 조성을 가진 동소체이다.

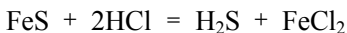
검은린은 흑연모양의 주름잡힌 층들이 서로 겹쌓여 만들어진 P_∞의 조성을 가진 동소체이다.

이가운데서 제일 불안정한것은 흰린이며 가장 안정한것은 검은린이다.

류화수소 H_2S

류화수소는 온천에 적은 량 들어있다. 이런 온천을 류황온천이라고 하며 피부병, 관절염의 치료에 효과적으로 쓰인다.

단백질이나 닭알이 썩을 때 나는 냄새는 류화수소냄새이다.

류화수소는 류화철에 염산을 작용시켜 만든다.(그림 1-5)

$$FeS + 2HCl = H_2S + FeCl_2$$

류화수소는 독성이 있는 무색의 기체이다. 10만배 희석(공기 $1m^3$당 $10cm^3$)하여도 그 냄새를 느낄수 있다.

류화수소는 20℃의 물 100mL에 291mL 용해된다. 류화수소의 수용액을 류화수소수라고 부른다.

류화수소수는 약한 산성을 띤다.

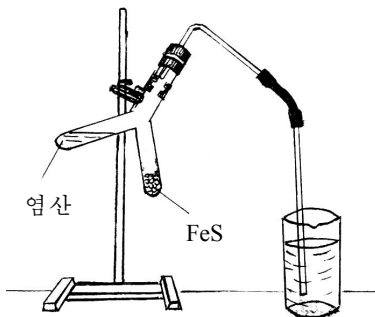
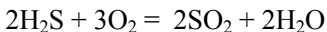



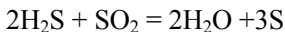
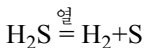
그림 1-5. 류화수소 만들기

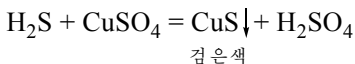
주의 류화수소는 혈색소를 심히 파괴하므로 반드시 통풍실에서 실험하여야 한다.

류화수소에 불을 달면 공기속에서 푸른 불길을 내면서 탄다.

$$2H_2S + 3O_2 = 2SO_2 + 2H_2O$$

류화수소는 열을 주면 쉽게 분해되며 SO_2과 함께 있으면 쉽게 반응한다.

$$H_2S \overset{\text{열}}{=} H_2 + S$$

$$2H_2S + SO_2 = 2H_2O + 3S$$

류화수소를 금속염용액에 작용시키면 물에 잘 용해되지 않는 류화물이 생긴다.

$$H_2S + CuSO_4 = \underset{\text{검은색}}{CuS\downarrow} + H_2SO_4$$

류화물의 색과 용해성 표 1-1

금속이온	침전물의 조성과 색	용해성
K^{+}, Ca^{2+}, Na^{+}, Mg^{2+}, Al^{3+}	침전물이 생기지 않는다.	물과 산에 용해된다.
Zn^{2+} Fe^{2+} Cd^{2+} Ni^{2+} Sn^{2+}	ZnS 흰색 FeS 검은색 CdS 노란색 NiS 검은색 SnS 밤색	물에 용해되지 않는다. 산에는 용해된다.
Pb^{2+}, Cu^{2+}, Hg^{2+}, Ag^{+}	PbS, CuS, HgS, Ag_2S 검은색	물과 산에 용해되지 않는다.

금속의 류화물은 색과 용해성이 차이나므로 금속이온들을 알아보거나 함량을 결정하는데 리용된다.

? 용액에 Fe^{2+}와 Cu^{2+}가 들어있다. 어떻게 하면 두 이온을 갈라내겠는가?

또한 형광체를 만드는데와 반도체재료로도 리용된다.

문 제

1. 다음 현상을 화학방정식으로 쓰고 설명하여라.
   ㄱ) 공기가 좀 섞인 류화수소기체를 오랜 시간 보관하면 그릇 벽에 누런색의 침전물이 생긴다.
   ㄴ) 이산화류황을 류화수소수에 통과시켰더니 용액이 뽀얗게 되였다.
2. 다음의 변화를 화학방정식으로 나타내여라.

$$\begin{array}{ccccccc} FeS & \rightarrow & H_2S & \longrightarrow & CuS & & \\ & & \downarrow & & & & \\ S & \rightleftarrows & SO_2 & \longrightarrow & SO_3 & \longrightarrow & H_2SO_4 \end{array}$$

3. Zn^{2+}, Cd^{2+}, Pb^{2+}를 포함하는 용액이 따로따로 있다. 세 용액을 서로 가려보려면 어떤 실험을 해야 하는가?
4. 세 시약병에 서로 다른 나트리움염용액이 들어있다. 이 용액들을 알아보기 위해서 염화바리움용액을 작용시켰더니 모두 흰 침전물이 생기였다. 침전물만 남게 한 다음 여기에 염산을 작용시켰다. 첫 시험관에서는 아무런 변화가 없었고 둘째 시험관에서는 기체가 맹렬히 나오는데 석회수에 통과시켰더니 흐려졌다. 세번째 시험관에서는 표백작용을 하는 기체가 나왔다.
   세 시약병에 들어있는 나트리움염의 화학식을 결정하여라.
5. 98.3% 류산에 SO_3이 포함되여있는 류산을 발연류산이라고 부른다. SO_3이 20% 들어있는 발연류산 10kg을 가지고 50% 류산을 만들려고 한다. 물을 얼마나 넣어야 하는가?(답. 10.56kg)

제3절. 질소와 그 화합물

질소는 공기속에 체적으로 약 78% 들어있다.

질소는 동물과 식물의 단백질을 이루는데 들어있어 생명체가 살아가는데서 없어서는 안될 중요한 원소의 하나이다.

질소가 공기중에 안정하게 많이 들어있는것은 무엇때문인가.

질소원소

질소원소는 주기표에서 2주기 15족에 놓여있다.

$_7N$의 전자배치; *K*-2, *L*-5

ⓘ 전자배치로부터 무엇을 알수 있는가?

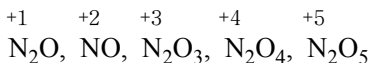
질소원소는 최외전자층에 5개의 전자를 가지고있으므로 3개의 전자를 받아들여 안정한 8전자배치를 이루려는 성질을 가진 음성원소이다.

질소원소는 전기음성도값이 3.0으로서 모든 원소들가운데서 네번째로 크다.

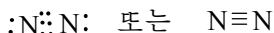
질소원소는 화합물을 만들 때 3개의 전자를 받거나 5개의 최외전자를 내줄수 있으므로 가장 작은 산화수는 -3, 가장 큰 산화수는 +5이다.

ⓘ 질소원소가 다른 원소들과 결합할 때 -3의 산화수를 가지는것은 어떤 경우인가?

이밖에도 질소원소는 +1-+4의 산화수를 가지는 화합물을 만든다.

$$\overset{+1}{N_2O},\ \overset{+2}{NO},\ \overset{+3}{N_2O_3},\ \overset{+4}{N_2O_4},\ \overset{+5}{N_2O_5}$$

질소 N_2

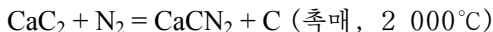
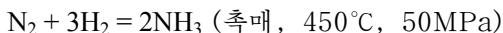
질소분자는 두 질소원자가 3개의 공유결합으로 든든히 결합되여있다.

$$:N⋮⋮N: \quad \text{또는} \quad N \equiv N$$

질소분자의 결합에네르기는 941.82kJ/mol로서 보통 질소원자들사이 단결합에네르기의 6배나 된다.

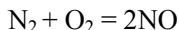
그러므로 질소분자는 매우 안정하며 보통조건에서 거의 모든 물질들과 반응하지 않는다. 이런 특성이 있어 질소기체를 불활성기체라고 부른다.

그러나 질소는 높은 온도와 촉매가 있는 조건에서 다른 물질들과 직접 반응한다.

$$N_2 + 3H_2 = 2NH_3 \ (\text{촉매, } 450^\circ C\text{, } 50MPa)$$

$$CaC_2 + N_2 = CaCN_2 + C \ (\text{촉매, } 2\ 000^\circ C)$$

번개가 칠 때와 4 000℃이상의 높은 온도에서 질소와 산소는 직

접 반응한다.

$$N_2 + O_2 = 2NO$$

질소는 공업적으로 공기를 액화분리하여 얻어낸다. (그림 1-6)

순수한 질소는 실험실에서는 아질산암모니움의 짙은 용액을 약 70℃의 온도로 가열하여 얻는다.

$$NH_4NO_2 = 2H_2O + N_2$$

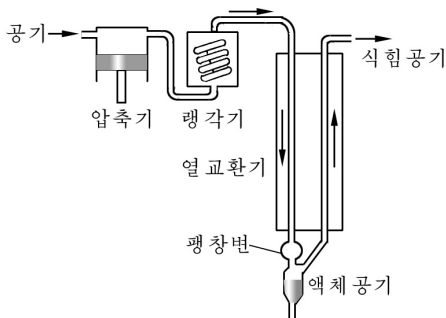
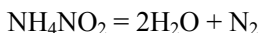



그림 1-6. 공기의 액화

질소와 잠수병

질소는 색도 냄새도 맛도 없는 기체이다.

질소는 안정한 물질이지만 인체에 작용을 준다.

깊은 물속에서 일하는 잠수부들에게는 술에 취한것과 같은 《질소마취》현상이 나타난다. 이것은 압력이 물밑으로 내려갈수록 높아지므로 숨을 쉴 때 들어간 질소가 인체의 지방과 단백질에 용해되기때문이다. 그러므로 압축공기를 공급받는 잠수부들은 130m 깊이에서 일하기 힘들다.

깊은데서는 압력이 높으므로 잠수부가 물우로 솟구치면 용해되였던 질소가 몰려나와 작은 기포형태로 혈관을 막아버려 혈액순환이 제대로 진행되지 않는 잠수병이 나타난다.

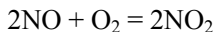
그러므로 질소대신 가볍고 불활성인 헬리움을 리용한다.

질소의 산화물

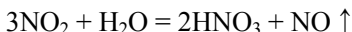
질소원소는 +1 - +5까지의 산화수를 가지는 산화물을 만든다. 그가운데서 중요한 산화물은 NO와 NO_2이다.

NO는 물, 염기와도 반응을 하지 않는 산화물이다.

보통조건에서 산소와 쉽게 작용하여 밤색의 NO_2로 변화된다.

$$2NO + O_2 = \underset{\text{밤색}}{2NO_2}$$

NO_2은 NO와 달리 코를 찌르는듯 한 냄새를 가진 밤색의 자극

성있는 기체이다. 물과 작용하면 질산과 산화질소를 만든다.

$$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO\uparrow$$

화학공장들에서는 이 반응을 리용하여 질산을 만든다.

나노기체검출기

NO_2과 NH_3기체는 모두 온실효과를 일으키고 산성비를 내리게 하므로 대기중에서 이 기체들의 함량을 제때에 알아내는것은 매우 중요하다.

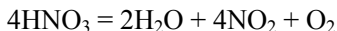
2000년에 과학자들은 탄소나노관으로 유독성NO_2과 NH_3기체를 검출하는 나노기체검출기를 발명하였다.

이 검출기는 매우 작아 임의의 장소에서 그 어떤 복잡한 작업을 하는 경우에도 아무런 불편도 없이 효과적으로 리용할수 있다.

질산과 질산염

? 질산은 어떤 성질을 가지고있는가?

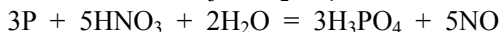
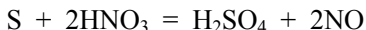
질산은 불안정하여 열을 주거나 빛을 쪼이면 쉽게 분해된다.

$$4HNO_3 = 2H_2O + 4NO_2 + O_2$$

이렇게 생긴 NO_2의 일부가 질산용액에 용해되여있어 질산용액은 보통 누런색을 띠게 되며 짙은 질산용액이 든 병마개를 열면 밤색의 기체가 나온다.

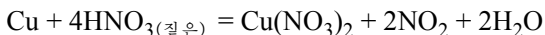
질산의 특성은 다른 산들과 달리 다른 물질을 산화시키는 능력이 큰것이다.

짙은 질산용액에 류황을 작용시키면 류산으로, 린을 작용시키면 린산으로 산화된다.

$$S + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO$$

$$3P + 5HNO_3 + 2H_2O = 3H_3PO_4 + 5NO$$

질산은 대부분의 금속들과 반응하여 질소산화물기체를 내보낸다.

$$Cu + 4HNO_{3(\text{짙은})} = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

$$3Cu + 8HNO_{3(\text{묽은})} = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

일반적으로 반응하는 금속에 따라 다르지만 질은 질산용액에서는 NO_2이, 묽은 질산용액에서는 NO가 생기며 매우 묽으면 NH_4NO_3도 생긴다.

질산염의 특성은 무엇인가.

질산염은 모두 물에 잘 용해된다.

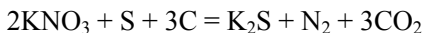
질산염에 열을 주거나 때리면 쉽게 분해된다.

$$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$$
$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

? 질산염이 분해될 때 같은 점은 무엇인가?

질산염은 산소를 내놓으면서 분해되므로 화약을 만드는데 리용된다.

흑색화약은 KNO_3, S, 숯가루를 섞은것인데 불을 달면 다음과 같이 반응한다.

$$2KNO_3 + S + 3C = K_2S + N_2 + 3CO_2$$

이때 체적은 2 000배나 커지며 많은 열을 내기때문에 폭발한다.

《웃음기체》

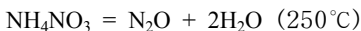
일산화이질소 N_2O는 약한 향기를 내는 색없는 기체이다.

이 기체를 약간만 들이마시면 마취현상이 나타나는데 이때 얼굴피부는 떨면서 웃는것처럼 보인다.

그래서 이 기체를 《웃음기체》라고 불러왔다.

그후 이 기체는 《나이론을 삼키는 기체》로 불리우게 되였다. 어느 한 건설장의 녀성로동자가 나이론양말을 신고있었는데 난데없이 양말이 종적을 감추어버리는 현상이 나타났다. 그때 건설장가까이에서는 발파작업이 진행되고있었는데 이때 나온 N_2O기체가 나이론과 반응하여 다른 물질로 되여버렸기때문이라는것이 후에야 밝혀졌다.

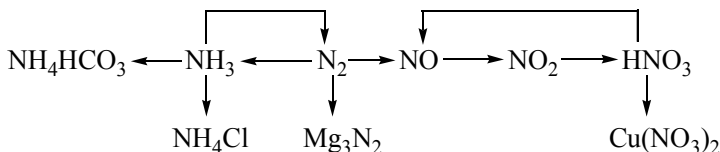
발파할 때 폭약으로 리용된 NH_4NO_3이 다음반응을 일으켜 N_2O를 산생시켰던것이다.

$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O \ (250℃)$$

N_2O는 600℃이상에서 질소와 산소로 분해된다.

문 제

1. NO는 NO_2과 달리 산성산화물에 속하지 않는다. 그 까닭을 설명하여라.

2. 암모니아는 질소와 수소를 작용시켜 만든다. 암모니아 1t을 얻자면 공기 몇m^3를 처리해야 하는가?(답. $844.6m^3$)

3. 다음의 변화를 화학방정식으로 나타내여라.

4. 65% 질산(밀도 $1.4g/cm^3$)을 100kg 만들려면 이산화질소가 20℃, 0.1MPa에서 몇m^3 필요한가?(답. $37.7m^3$)

5. 질소와 일산화질소의 혼합물 40mL를 공기 65mL와 섞었더니 체적이 100mL로 되였다. 얻어진 혼합물의 체적조성을 구하여라.
(답. N_2-80.7mL, O_2-8.65mL, NO_2-10mL, 기타-0.65mL)

제4절. 비금속의 성질

주기표에서 비금속원소의 자리와 성질

주기표에서 B와 At을 련결하는 직선을 그으면 이 직선을 포함해서 오른쪽에 놓이는 15개의 원소와 수소원소가 비금속원소이다.

18족은 드문기체원소로서 양성원소에도 음성원소에도 속하지 않는다.

비금속원소의 자리 표 1-2

주기 \ 족	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	
2													B	C	N	O	F	
3													Al	Si	P	S	Cl	
4					금속원소									Ge	As	Se	Br	
5					(양성원소)										Sb	Te	I	
6																	At	
7																		

비금속원소들은 H, B를 내놓고 최외전자수가 4이상이다. 그러므로 원소의 산화수가 여러가지이다.(표 1-3)

비금속원소들의 주요산화수 표 1-3

족번호	13	14		15			16				17			
원소	B	C	Si	N	P	As	O	S	Se	Te	F	Cl	Br	I
		-4	-4	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-1
				+1								+1	+1	+1
	+3	+2		+2										
				+3	+3	+3						+3	+3	+3
				+4				+4	+4	+4		+5	+5	+5
		+4	+4	+5	+5	+5		+6	+6	+6		+7	+7	+7

비금속의 물리성질

비금속은 분자조성에 따라 세가지로 나눌수 있다.

① 2원자분자 례: X_2(F_2, Cl_2, Br_2, I_2), O_2, N_2, H_2

② 여러원자분자 례: O_3, P_4, S_8, As_4

③ 거대분자(원자결정) 례: 금강석, 규소, 붕소

2원자분자, 3원자분자는 보통조건에서 기체(Br_2: 액체, I_2: 고체)로 존재하며 4원자이상으로 구성된 분자들은 고체상태로 존재한다.

2원자분자, 여러원자분자들은 고체상태에서 분자결정을 이룬다.

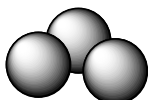
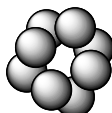
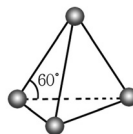
? 분자결정, 원자결정의 특성은 무엇인가?

O_3

S_8

P_4

그림 1-7. 몇가지 여러원자분자의 구조

비금속은 각이한 색을 가지며 물에 잘 용해되지 않는다.

(P-붉은색 또는 흰색, 액체산소-연한 푸른색)

비금속들가운데서 흑연 그리고 규소 같은 반도체물질을 제외하고는 모두 부도체이다.

? 비금속이 전기를 잘 통과시키지 않는 원인은 무엇인가?

특히 비금속결정들은 힘을 주면 결정구조가 파괴되므로 금속처럼 판이나 줄로 가공할수 없다.

탄소나노관

탄소나노관은 관의 직경이 수nm정도이고 완전히 탄소로 이루어진 흑연의 특이한 변종이다.

탄소나노관은 1991년에 처음으로 발견되여 관모양의 구조가 나타내는 특이한 기계적성질과 전기적성질로 하여 세계의 많은 과학자들을 놀라게 하였다.

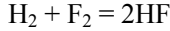
탄소나노관은 강도가 세고 가벼우며 성능이 안전하고 유연하며 열전도성이 좋고 겉면적이 클뿐아니라 특이한 전기적성질을 가지고있다.

탄소나노관은 그 응용분야가 대단히 넓다. 전자공학분야, 무선통신 그리고 전지, 극소형처리소자를 비롯하여 열이 많이 나는 집적회로나 반도체소자의 방열재료, 로케트 등에 쓰이는 고온부속품의 보호재료, 우주비행선으로부터 우주비행복에 이르기까지 여러가지 장치와 장비들의 제작에 전망이 큰 재료이다.

비금속의 화학성질

비금속의 화학반응은 수소, 금속, 산소, 화합물과의 반응으로 고찰할수 있다.

수소와의 반응. 비금속들은 대체로 수소와 반응하여 수소화합물을 만든다.

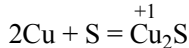
$$H_2 + F_2 = 2HF$$

원자번호가 커질수록 비금속과 수소와의 반응이 힘들어지며 얻어진 수소화합물들이 불안정하다.

금속과의 반응. 대부분의 비금속들은 금속들과 반응한다.

이때 만들어진 화합물들에서 비금속원소는 가장 작은 산화수를 가진다.

ⓘ 염소기체속에서 철과 동을 각각 반응시킬 때 일어나는 화학방정식을 써보아라.

류황은 금속과 반응할 때 가장 낮은 산화수의 금속류화물을 만든다.

$$2Cu + S = \overset{+1}{Cu_2}S$$

산소와의 반응. 탄소, 류황, 린을 비롯한 비금속들은 산소와 직접 반응하여 많은 열을 낸다.

ⓘ 린과 산소와의 반응을 화학방정식으로 나타내여라.

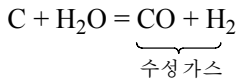
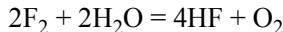
할로겐단순물들은 산소와 직접 반응하지 않는다.

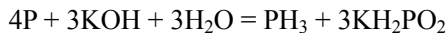
화합물과의 반응. 대부분의 비금속들은 물과 반응하지 않는다.

물과 반응하는 비금속은 할로겐단순물과 탄소뿐이다.

특히 불소는 물과 맹렬히 반응하며 탄소는 높은 온도에서 물과 반응하여 수성가스를 만든다.

$$2F_2 + 2H_2O = 4HF + O_2$$

$$C + H_2O = \underbrace{CO + H_2}_{\text{수성가스}}$$

ⓘ 염소기체가 물과 작용하면 어떤 물질이 생기는가?

할로겐단순물과 린은 알카리용액과 반응한다.

$$4P + 3KOH + 3H_2O = PH_3 + 3KH_2PO_2$$

ⓘ 차아염소산칼리움을 어떻게 만들수 있는가?

비금속들가운데서 불소 F_2의 활성이 제일 세다.

문 제

1. 단순물로부터 직접 얻을수 있는 비금속산화물을 다섯가지이상 들고 화학방정식으로 나타내여라.
2. 불소가 비금속들가운데서 활성이 가장 세다는것을 어떤 화학반응으로 설명할수 있는가?
3. 불소는 염화나트리움용액과 반응하여 염소기체를 내보낼수 없다. 그 까닭은 무엇인가?
4. 염소와 수소, 철, 물, 수산화나트리움용액과의 반응을 화학방정식으로 나타내여라.
5. 다섯개의 병에 산소, 질소, 염소, 암모니아, 탄산가스가 들어있다. 어떤 실험으로 매 기체를 알아낼수 있는가?
   화학방정식으로 쓰라.

제5절. 화학비료

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《비료는 곧 쌀입니다. 비료공장들을 제때에 정비보강하고 설비들에 만부하를 걸어 우리 나라의 토양조건과 농작물의 생물학적특성에 맞는 여러가지 효능높은 비료를 많이 생산하여 농촌에 보내주도록 하여야 하겠습니다.》

우리 나라에서는 위대한 수령님과 위대한 장군님의 현명한 령도에 의하여 여러 비료생산기지들이 훌륭히 꾸려져 효능높은 비료들을 많이 생산하고있다.

알곡생산을 높이자면 농작물이 요구하는 영양원소들이 많이 들어있는 비료를 주어야 한다.

농작물은 여러가지 화학원소를 영양분으로 받아들여 자라고 열매맺는다.

식물체는 70여가지의 화학원소들로 이루어져있다.

그가운데서 C, H, O는 공기와 물로부터 받아들이고 나머지는 토양에서 빨아들인다.

토양에는 식물들에 필요한 영양원소가 언제나 넉넉한것은 아니다.

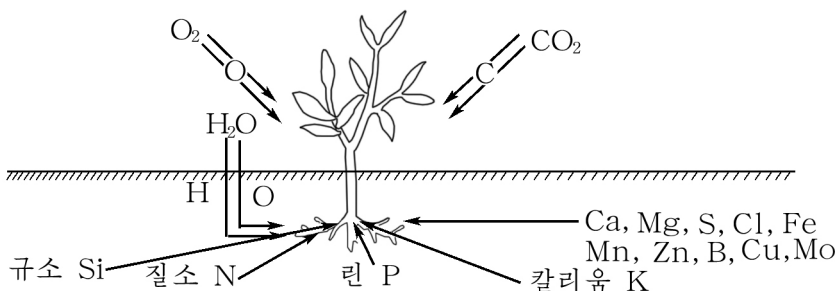



그림 1-8. 식물의 영양원소들

농작물이 자라는데 필요한 영양원소들을 보충해주기 위해서 화학적으로 만들어낸 물질을 화학비료라고 부른다.

화학비료에는 식물이 많이 요구하는 다량원소비료(N, P, K, Si비료)와 적게 요구하는 미량원소비료(B, Zn, Mo, Mn, Cu비료 등)가 있다.

질소비료

질소는 식물의 단백질, 핵산, 엽록소를 구성하는 원소이다. 질소가 알맞춤히 보장되여야 단백질합성이 잘되고 잎, 줄기, 가지 등이 잘 자라게 된다.

질소가 부족하면 식물의 잎은 붉은 반점을 띤 노란색으로 된다.

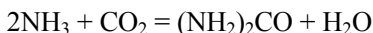
식물은 질소를 NH_4^+와 NO_3^- 형태로 받아들인다.

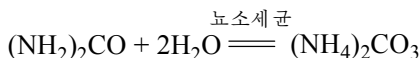
질소비료에는 질안 NH_4NO_3, 류안 $(NH_4)_2SO_4$, 석회질소 $CaCN_2$, 뇨소 $CO(NH_2)_2$ 등이 있다.

질소비료가운데서 질안은 습기를 빨아들이고 굳어지는 성질이 있는데 굳어진것을 바스려고 충격을 주면 폭발하는 위험이 있다. 그러므로 보관에서 습기에 의해 굳어지는 현상이 없도록 해야 한다.

ⓘ 질안의 분해반응을 화학방정식으로 나타내여라.

뇨소는 암모니아에 탄산가스를 작용시켜 만든다.

$$2NH_3 + CO_2 = (NH_2)_2CO + H_2O$$

뇨소는 토양속에서 세균의 작용을 받아 탄산암모니움으로 변화된다.

$$(NH_2)_2CO + 2H_2O \xlongequal{\text{뇨소세균}} (NH_4)_2CO_3$$

이런 변화는 1주일가량 걸린다.

질소비료는 겉보기에 흰색의 결정이며 물에 잘 용해되고 녹이면 연기가 난다. 그리고 알카리와 함께 끓이면 암모니아냄새가 난다.

오늘 우리 나라에서는 위대한 수령 **김일성**대원수님과 위대한 령도자 **김정일**대원수님의 현명한 령도에 의하여 우리 나라에 무진장한 석탄을 가스화하여 비료를 생산할수 있게 되였다.

린비료

린은 식물이 질소를 비롯한 영양원소를 잘 빨아들이게 하며 아지를 잘 치고 열매를 잘 맺게 한다. 또한 농작물이 가물과 추위에 잘 견디게 한다.

린이 부족하면 식물이 왕성하게 자라지 못한다.

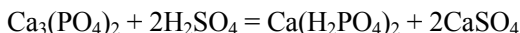
식물은 린을 주로 $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}과 같은 형태로 흡수한다.

린비료에는 과린산석회 $(Ca(H_2PO_4)_2 + CaSO_4)$와 중과린산석회 $(Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O)$ 등이 있다.

과린산석회(과석)에는 식물이 흡수할수 있는 린함량이 P_2O_5으로 환산하여 15~16% 들어있으며 중과린산석회(중과석)에는 45~46% 들어있다.

그림 1-9. 린이 부족할 때와 정상일 때의 비교

과석은 린회석을 류산으로 분해시켜 만든다.

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2SO_4 = Ca(H_2PO_4)_2 + 2CaSO_4$$

중과석은 린회석을 린산으로 분해시켜 만든다.

린비료는 대체로 재빛색을 띠며 물에 잘 용해되지 않는것들도 있다.

카리비료

칼리움은 빛합성이 잘되게 하며 빛합성으로 생긴 탄수화물이 섬유소로 되는것을 촉진시켜 줄기와 가지가 튼튼히 자라게 한다.

칼리움이 부족하면 식물의 잎 변두리부터 누런색으로 된다.

식물은 칼리움을 K^+형태로 흡수한다.

카리비료로는 KCl, K_2SO_4과 나무나 풀을 태운 재가 리용된다. 재에는 K_2CO_3이 들어있다.

규소비료

규소비료는 벼과에 속하는 농작물의 성장에서 매우 중요한 역할을 한다.

규소는 뿌리가 잘 자라게 하고 대를 튼튼하게 하며 추위와 해빛부족, 병해충에 잘 견디게 한다.

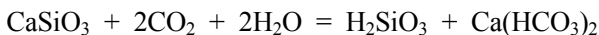
벼는 SiO_3^{2-} 형태로 규소를 흡수한다.

규소비료로는 용광로의 광재를 리용할수 있다.

광재에는 $CaSiO_3$이 약 70~80% 들어있다.

Ⓠ 규산칼시움이 생기는 화학방정식을 써보아라.

$CaSiO_3$은 토양속에서 다음과 같이 변화된다.

$$CaSiO_3 + 2CO_2 + 2H_2O = H_2SiO_3 + Ca(HCO_3)_2$$

미량원소비료

미량원소비료의 종류와 농작물에 주는 역할은 다음과 같다.

미량원소비료와 그 역할 표 1-4

비료종류	화학식	농작물에서의 역할
붕소비료	붕사 $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ 붕산 H_3BO_3	꽃가루받이를 좋게 하며 열매를 잘 맺게 한다.
아연비료	류산아연 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	빛합성, 탄수화물대사를 도우며 식물성장을 자극하는 물질이 많이 생기게 한다.
동비료	류산동 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	일부 효소의 조성에 들어가며 식물이 빨아들인 질소를 효과적으로 리용하게 한다.
망간비료	류산망간 $MnSO_4 \cdot 4H_2O$	엽록소가 만들어지게 하며 단백질의 만들기를 돕는다.
몰리브덴비료	몰리브덴산암모니움 $(NH_4)_2MoO_4$	콩의 뿌리혹균의 역할을 높이며 단백질이 잘 만들어지게 한다.

문 제

1. 다음의 비료들가운데서 질소함량이 제일 큰것을 지적하여라.

$(NH_4)_2SO_4$, $CO(NH_2)_2$, NH_4HCO_3, KNO_3

2. 다음의 표현에 해당한 화학비료를 지적하여라.

ㄱ) 보관과 수송과정에 밀봉을 잘해야 하며 습기를 받지 않도록 하고 해빛을 쪼이지 말아야 한다.

ㄴ) 알카리성물질과 혼합해서 놓아두거나 섞어서 쓰지 말아야 한다.

ㄷ) 쉽게 탈수 있는 물질과 함께 건사하지 말며 덩어리를 분쇄할 때 쇠절구를 쓰지 말아야 한다.

3. 질안 200t을 생산하려면 암모니아와 70% 질산이 몇t 필요한가?

(답. 42.5t, 225t)

4. 류산암모니움 1t 대신 질안이나 뇨소를 얼마나 치면 되겠는가?

(답. 606.06kg, 454.54kg)

제6절. 세멘트, 유리

세멘트

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리 나라의 세멘트공업발전전망은 매우 큽니다. 우리 나라에는 석회석자원이 무진장하며 무연탄도 많습니다. 석회석은 몇만년동안 캐써도 못다 쓸 정도입니다. 석회석과 무연탄만 있으면 세멘트는 얼마든지 생산할수 있습니다.》

세멘트는 가장 중요한 건설재료로서 공장과 살림집, 다리와 언제건설에서 널리 쓰이며 나라의 방위력을 강화하는데서도 중요하다.

일반적으로 세멘트는 물과 혼합하면 시간이 지남에 따라 돌처럼 굳어지는 가루상태의 물질이다.

세멘트의 분류

기경성세멘트; 공기중에서만 굳어지는 세멘트

례: 마그네샤세멘트, 구운석고

수경성세멘트; 물속에서도 굳어지는 세멘트

례: 흔히 건설장에서 쓰는 포르틀랜드세멘트, 알루미나세멘트

포르틀랜드세멘트를 만드는 원료는 석회석, 점토, 석고이다.

석회석($CaCO_3$)은 $MgCO_3$이나 알카리금속산화물이 적게 들어있는것이여야 한다. 이것이 많으면 세멘트가 굳어질 때 금이 간다.

점토는 주성분이 Al_2O_3· SiO_2·H_2O이며 금속산화물이 섞여있다.

세멘트생산에는 Fe_2O_3이 많이 포함된 붉은 점토(점판암)를 쓴다.

점토는 빚음성이 있고 불에 견디는 성질이 있으며 Fe_2O_3은 세멘트크링카가 만들어지는 온도를 낮추는 작용을 한다.

석고 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$는 세멘트크링카를 바술 때 조금씩 넣어주는데 세멘트의 굳어지는 속도를 늦추어주는 경화시간조절제로 된다.

크링카는 석회석과 점토를 일정하게 섞어서 1 500℃의 온도에서 구워낸 덩어리물질을 말한다.

세멘트크링카를 만드는 로에는 수평으로부터 약간 경사져 돌아가게 되여있는 회전로와 수직으로 세워진 수직로가 있다.

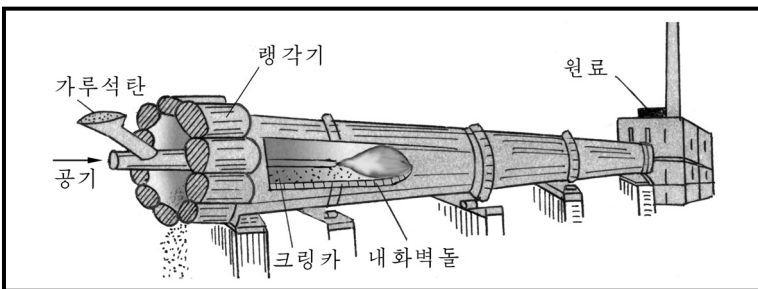
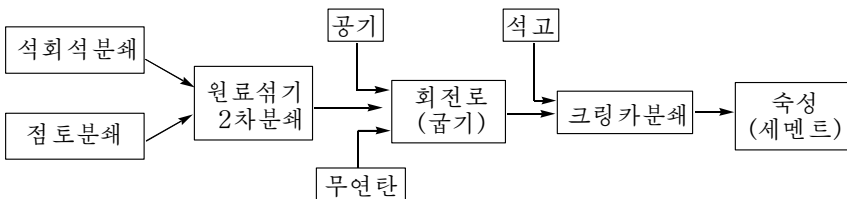



그림 1-10. 세멘트크링카를 만드는 회전로

세멘트를 만드는 공정은 다음과 같다.

크링카의 조성은 원료배합비와 소성온도에 따라서 $3CaO \cdot SiO_2$이나 $2CaO \cdot SiO_2$로 되며 물과 반죽해놓으면 $3CaO \cdot SiO_2 \cdot 2H_2O$, $2CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$와 같은 물질이 생기면서 서로 결합되게 된다.

참고 포르틀랜드세멘트

우리가 흔히 쓰는 세멘트는 포르틀랜드세멘트이다.

영국의 포르틀랜드섬에서 나오는 돌과 비슷하다는데서 유래된 이름이다.

1813년에 프랑스의 기사 위까가 처음으로 발명하였다.

고대 에짚트의 피라미드는 석회석, 점토, 석고를 높은 온도에서 구워서 만든 재료로 건설하였다.

유리

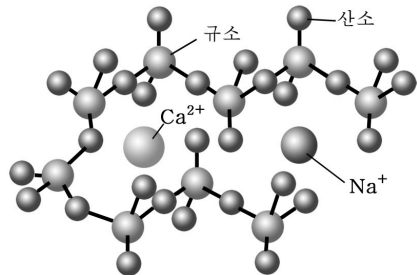
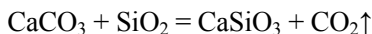
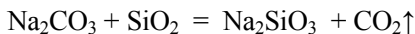
보통유리는 모래 SiO_2, 석회석 $CaCO_3$, 탄산나트리움 Na_2CO_3을 기본원료로 하여 약 1 500℃의 온도에서 녹여 만든 규산염이다.

모래로는 세계적으로 유명한 구미포와 몽금포의 모래를 리용한다.

원료를 녹일 때 탄산염이 분해되여 CO_2은 날아나고 남은 산화물은 모래와 반응하여 규산염으로 된다.

그림 1-11. 유리의 구조

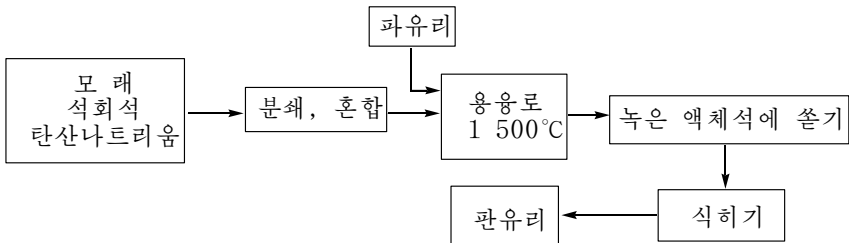
$$Na_2CO_3 + SiO_2 = Na_2SiO_3 + CO_2\uparrow$$

$$CaCO_3 + SiO_2 = CaSiO_3 + CO_2\uparrow$$

대표적인 유리의 조성과 특성은 다음과 같다.

몇가지 유리의 조성과 특성 표 1-5

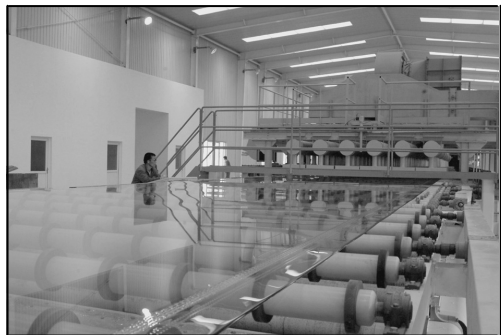
종류	유리의 조성	특성	용도
소다유리	$Na_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2$	비교적 녹음점이 높다. (700℃) 시약에 견디지 못한다.	판유리, 병
카리유리 (경질유리)	$K_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2$	팽창결수가 작고 시약에 잘 견딘다.	실험기구
연유리	$K_2O \cdot PbO \cdot 6SiO_2$	굴절률이 크다. 무겁다.	렌즈, 광학기구, 장식유리
석영유리	SiO_2	급격한 온도변화에 잘 견딘다.	실험기구

우리가 흔히 쓰는 유리는 소다유리이다.

판유리를 만드는 공정은 다음과 같다.

유리원료에 색을 띤 금속산화물을 조금 넣으면 색유리가 얻어진다.

산화코발트 CoO를 넣으면 푸른색, 산화크롬 Cr_2O_3 또는 CuO를 넣으면 풀색, Cu_2O를 넣으면 붉은색, MnO_2을 넣으면 보라색으로 된다.

그림 1-12. 판유리만들기

석과 판유리생산

석의 녹음점은 232℃이고 끓음점은 2 687℃이다.

이 성질을 리용하여 금속석을 녹이고 유리용융온도정도로 온도를 높인다. 여기에 녹은 유리물을 부어넣으면 밀도차에 의해서 유리용융물이 우에 뜬다.(석의 밀도 7.28g/cm^3)

이것을 서서히 식히면 700℃ 아래에서 유리용융물이 굳어지면서 두께가 균일한 판유리가 얻어진다.

문 제

1. 유리가루를 물에 오래 넣어두면 미끈거리며 붉은 리트머스를 푸른색으로 변화시킨다. 그 까닭은 무엇인가?
2. 세멘트구조물에서도 석회동굴에서처럼 고드름이 생기는 현상을 볼수 있다. 이 현상을 어떻게 설명할수 있는가?
3. $2CaO \cdot SiO_2$ 이 95% 들어있는 세멘트 1t을 생산하려면 석회석과 모래가 얼마나 필요한가?(답. 1 104.6kg, 331.4kg)
4. 소다유리 1t을 생산하려면 Na_2CO_3, $CaCO_3$, SiO_2이 각각 얼마나 필요한가?(답. 221.8kg, 209.2kg, 753.1kg)

장종합

주기표에서 비금속원소의 자리와 성질

자리. 주기표에서 B-At을 련결하는 직선과 오른쪽에 놓이는 원소와 수소원소

성질. ① 비금속원소들은 대체로 여러가지 산화수를 가진다.

리유-대부분 최외전자층에 4개이상의 전자를 가지고있기 때문이다.(그중에서 수소는 1개, 붕소는 3개이다.)

화합물을 이룰 때 한가지 산화수만을 가지는 비금속원소

불소원소(F); -1

붕소원소(B); +3

② 비금속원소들은 대체로 전기적음성을 가진다.

비금속의 성질

존재
- 2원자, 3원자분자들은 보통조건에서 대체로 기체로 존재
- 여러원자분자와 거대분자(원자결정)는 고체로 존재

비금속은 대체로 부도체이다.

활성
- 활성이 가장 센 물질-불소 F_2
- 활성이 가장 약한 물질-질소 N_2
- 활성이 비교적 센 물질-S, Cl_2, Br_2, P

화학성질

① 산소와 반응

할로겐단순물은 산소와 직접 반응하지 않는다.

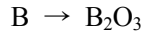
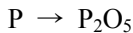
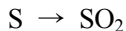
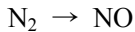
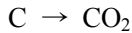
산소와 반응할 때 직접 만들어지는 산화물

$C \rightarrow CO_2$

$N_2 \rightarrow NO$

$S \rightarrow SO_2$

$P \rightarrow P_2O_5$

$B \rightarrow B_2O_3$

② 물과 반응하는 물질-할로겐단순물, 탄소단순물

③ 대부분 금속과 직접 반응한다.

화학비료

개념 -농작물이 자라는데 필요한 영양원소들을 보충해주기 위해서 화학적으로 만들어낸 물질

분류
- 다량원소비료-질소비료, 린비료, 카리비료, 규소비료
- 미량원소비료-붕소비료, 아연비료, 동비료, 망간비료, 몰리브덴비료 등

세멘트와 유리

세멘트 -세멘트크링카에 석고를 섞은것으로서 물과 혼합하면 시간이 지남에 따라 굳어지는 가루상태의 물질

유리 -소다유리는 $CaCO_3$, SiO_2, Na_2CO_3을 1 500℃의 온도에서 녹여 만든 규산염

복습문제

1. 다음의 두 물질이 보통조건에서 함께 존재할수 없는것을 지적하여라.

   ㄱ) H_2S와 SO_2 ㄴ) H_2과 F_2 ㄷ) NH_3과 HCl ㄹ) H_2과 O_2

2. 보통조건에서 SO_2 aL와 H_2S bL를 섞었더니 기체의 체적이 반응전의 1/4로 되였다. a와 b의 비률을 결정하여라.

   (답. a:b=3:1)

3. 일산화탄소와 수소기체로 이루어진 혼합기체 100mL를 완전히 연소시키는데 산소가 50mL(같은 조건에서) 소비되였다. 혼합기체의 체적비를 결정하여라.(답. 임의의 비)

4. 50mL의 류화수소와 60mL의 산소기체를 혼합한 다음 일정한 조건에서 반응시켰더니 남김없이 반응하였다. 반응후 온도와 압력을 반응전과 같이 하였을 때 생겨난 SO_2의 체적을 구하여라.(답. 35mL)

5. 공업페가스중에 유해가스가 섞여있다. 수산화나트리움용액을 써서 흡수할수 없는 기체는 무엇인가?

   유해가스는 Cl_2, SO_2, CO, NO, NO_2이다.

6. A는 산과도 알카리와도 반응하지 않는 무색의 기체이다. A를 산소와 반응시킨 다음 물에 용해시켜 B를 얻었다. B의 짙은 용액은 동과 반응하여 기체 C를 내보낸다.

   C를 물에 용해시키면 B를 얻을수 있다.

   A, B, C는 어떤 물질인가?

   우의 과정을 화학방정식으로 나타내여라.

7. 어떤 가루물질이 있는데 여기에 있을수 있다고 보는 물질은 $CaCO_3$, Na_2CO_3, NaCl, Na_2SO_4, $CuSO_4$이다. 이 가루물질을 물에 용해시켜보았더니 무색의 용액이 얻어졌다. 이 용액에 질산바리움을 조금 넣었더니 흰 침전물이 얻어졌고 여기에 묽은 질산을 넣었더니 침전물이 다시 없어졌다. 이 용액을 취해서 불길색반응을 해보았더니 노란색을 띠였다.
가루물질에 어떤 물질이 반드시 있고 어떤 물질은 없는가?
이 물질들외에 또 어떤 물질이 있을수 있다고 볼수 있는가?
있을수 있다고 보는 물질을 확인해보려면 어떤 실험을 하면 되겠는가?

8. 6개의 시약병에 각각 KCl, HNO_3, Na_2SO_4, $BaCl_2$, Na_2CO_3, $AgNO_3$용액이 들어있다. 이 시약병의 물질을 확인하기 위해서 매번 서로 섞어보았다.
결과는 다음과 같다.
①용액에서는 세번 침전물이 생겼고 한번은 약간의 흐림이 있었다.
②용액에서는 세번 침전물이 생겼다.
③용액에서는 두번 침전물이 생겼고 한번은 기체가 나왔다.
④용액에서는 한번 침전물이 생겼고 한번은 약간 흐리였다.
⑤용액에서는 한번 침전물이 생겼다.
⑥용액에서는 한번 기체발생이 있었다.
수자로 나타낸 시약병의 물질이름을 판정하여라.

9. 54g의 탄산나트리움과 탄산수소나트리움의 혼합물을 질량변화가 오지 않을 정도로 열준 다음 여기에 충분한 량의 염산을 넣었더니 표준조건에서 14L의 탄산가스가 나왔다.
혼합물의 질량조성을 구하여라.(답. Na_2CO_3 7.2g, $NaHCO_3$ 46.8g)

10. 오래동안 건사해두었던 아류산나트리움시약이 변질되였다. 그 속에 탄산나트리움이 5.3% 들어있었다는것이 밝혀졌다. 그런데 변질된 시약 20g에 충분한 량의 류산을 작용시켰더니 기체가 2 464mL(표준조건) 얻어졌다. 변질된 시약속의 아류산나트리움의 %함량은 얼마이며 변질된 시약속에는 또 어떤 물질이 들어있는가? (답. 63%)

제2장. 금속원소와 그 화합물

금속과 금속원소의 화합물들은 나라의 국방력을 강화하며 경제강국을 건설하는데서 없어서는 안될 중요한 물질들이다.

지금까지 알려진 110여가지의 화학원소들가운데서 대부분은 금속원소들이다.

이 장에서는 대표적인 금속원소와 그 단순물, 화합물의 특성에 대하여 학습한다.

제1절. 알루미니움과 그 화합물

알루미니움원소

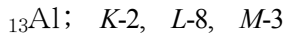
알루미니움은 자연계에 산소, 규소 다음으로 많은 금속원소이다.

땅껍데기의 대부분은 알루미니움규산염으로 되여있다.

알루미니움원소는 원소주기표에서 어느 자리에 놓여있는가.

알루미니움원소는 주기표에서 제3주기 13족에 놓여있다.

알루미니움원자의 전자배치는 다음과 같다.

$$_{13}\mathrm{Al};\quad K\text{-}2,\quad L\text{-}8,\quad M\text{-}3$$

전자배치에서 붕소 B와 차이나는 점은 무엇인가.

알루미니움원자는 최외전자수가 3이지만 붕소원자와 달리 전자층수가 하나 더 많다. 따라서 이 전자들을 내주고 안정한 8전자배치를 이루려는 성질 즉 전기적양성이 더 세다.

알루미니움원소는 모든 화합물에서 +3의 산화수만을 가진다.

? 최외전자수가 3이상이지만 양성원소로 되는것은 어떤 경우인가?

금속알루미니움의 성질

금속알루미니움은 밀도가 2.7g/cm^{3}로서 가볍고 무른 금속이며 녹음점은 660℃이다.

열과 전기전도성은 금속들가운데서 네번째로 좋다.

금속알루미니움은 공기속에서 걸면에 치밀한 산화물막이 덮여있어 보통온도에서는 안정하다.

ⓘ 금속의 활성차례에서 알루미니움의 자리를 말해보아라.

산화물막이 없는 알루미니움을 가열하면 눈부신 빛을 내면서 탄다.

$$4Al + 3O_2 = 2Al_2O_3 ;\quad -3\,340kJ$$

금속알루미니움은 금속산화물들에서도 산소를 떼내여 결합하는 능력이 있다. 그러므로 환원되기 힘든 금속산화물들을 환원하는데 쓰인다.(테르미트반응 그림 2-1)

$$3TiO_2 + 4Al = 2Al_2O_3 + 3Ti$$

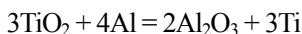
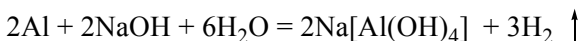
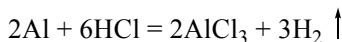



그림 2-1. 테르미트반응

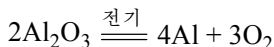
알루미니움은 활성이 센 금속으로서 할로겐과 세차게 반응하며 높은 온도에서는 S, C와도 반응한다.

금속알루미니움은 산과도 알카리와도 반응하여 수소기체를 내보낸다.

$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2\uparrow$$

$$2Al + 2NaOH + 6H_2O = \underset{\text{테트라히드록소알루미닌산나트리움}}{2Na[Al(OH)_4]} + 3H_2\uparrow$$

질산에 의해서는 표면에 Al_2O_3막이 생기면서 더는 반응을 하지 않는다. 이런것을 부동태화라고 부른다.

금속알루미니움은 Al_2O_3을 녹여서 전기분해하여 얻는다.

$$2Al_2O_3 \xlongequal{\text{전기}} 4Al + 3O_2$$

알루미니움은 가볍고 잘 부식되지 않는 성질이 있어 기계제품과 건재품, 인민소비품을 만드는데 쓰인다.

특히 다른 금속과 섞어 합금을 만들면 굳기가 커지므로 비행기, 자동차, 기계부속품을 만드는데 리용된다.

알루미니움화합물

알루미니움의 중요한 화합물로서는 산화알루미니움, 수산화알루미니움, 류산알루미니움, 명반을 들수 있다.

산화알루미니움(Al_2O_3)에는 강옥이라고 불리우는것도 있다.

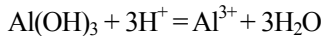
강옥은 금강석다음으로 굳은 물질이다. 강옥에 섞여든 다른 물질에 의해 색을 띠고있어 보석으로도 쓰인다.

전기로에서 녹여서 만든 산화알루미니움은 산이나 알카리와도 반응하지 않는다.

이렇게 만든 산화알루미니움은 연마제로, 높은 온도에 견디는 도가니를 만드는데 쓰인다.

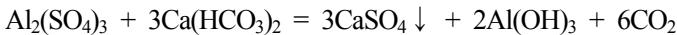
수산화알루미니움($Al(OH)_3$)은 알루미니움염용액에 알카리를 적당히 작용시킬 때 묵모양의 침전물로 얻어진다.

이 수산화알루미니움은 산에도 알카리에도 용해되는 량성수산화물이다.

$$Al(OH)_3 + 3H^+ = Al^{3+} + 3H_2O$$
$$Al(OH)_3 + OH^- = [Al(OH)_4]^-$$

Ⓟ 알루미니움염용액에 수산화나트리움용액을 방울방울 떨구어 넣을 때와 수산화나트리움용액에 알루미니움염용액을 방울방울 떨구어 넣을 때 나타나는 현상이 같겠는가 다르겠는가?

류산알루미니움($Al_2(SO_4)_3$)은 물을 정제하는데 중요하게 리용된다.

물에는 $Ca(HCO_3)_2$과 $Mg(HCO_3)_2$이 들어있는데 류산알루미니움을 용해시키면 다음과 같은 반응이 일어난다.

$$Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(HCO_3)_2 = 3CaSO_4\downarrow + 2Al(OH)_3 + 6CO_2$$

생겨난 $Al(OH)_3$은 물에 떠도는 흙알갱이와 서로 엉겨뭉쳐 가라앉게 되여 물이 정제된다.

류산알루미니움은 다른 알루미니움화합물을 만드는 원료로, 가죽이김과 종이에 잉크가 피지 않게 하는데도 중요하게 쓰인다.

$KAl(SO_4)_2\cdot 12H_2O$를 칼리움알루미니움명반 보통 명반이라고 부른다.

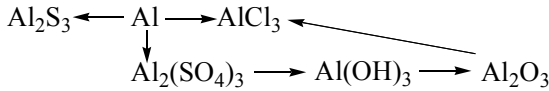
명반에는 K^+대신 NH_4^+가 들어갈수도 있고 Al^{3+}대신 Fe^{3+}나 Cr^{3+}이

들어갈수도 있다.

이 물질도 $Al_2(SO_4)_3$과 같은 특성이 있어 물정제와 가죽이김 그리고 물감들일 때 매염제로 널리 쓰인다.

문 제

1. 짙은 가성소다용액에 금속알루미니움을 작용시켜 수소를 얻으려고 한다. 수소 $1m^3$(표준조건)를 얻는데 필요한 알루미니움과 40% 가성소다용액의 질량을 구하여라. (답. 803.5g, 2 976.2g)
2. 다음의 변화를 화학방정식으로 나타내여라.

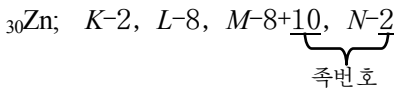
$$Al_2S_3 \leftarrow Al \rightarrow AlCl_3 \leftarrow Al_2O_3$$
$$Al \downarrow Al_2(SO_4)_3 \rightarrow Al(OH)_3 \rightarrow Al_2O_3$$

3. 금속알루미니움 1.35g과 완전히 반응하는데 20% 염산 몇g이 필요한가? 또 25℃, 101kPa에서 수소 몇L가 생기겠는가?
(답. 27.37g, 1.82L)
4. 알루미니움그릇에 된장을 오래 담아두면 구멍이 생긴다. 그 까닭을 설명하여라.

제2절. 아연과 그 화합물

아연은 놋이라는 재료의 출현으로 오랜 옛날부터 리용되여왔다.
놋(황동)에는 동과 함께 아연이 들어있다.
아연이라는 이름은 겉보기와 성질이 연과 비슷하다는데서 나왔다.

아연원소

아연은 주기표에서 4주기 12족에 놓여있다.

$$_{30}Zn;\quad K\text{-}2,\ L\text{-}8,\ M\text{-}8+\underbrace{10,\ N\text{-}2}_{\text{족번호}}$$

아연원소는 최외전자를 쉽게 내놓으므로 전기적양성을 가진다.

? 4주기 2족에 놓인 Ca와 전자배치에서 차이나는 점은 무엇

인가?

아연원소는 모든 화합물들에서 +2의 산화수만을 가진다.

아연이 속해있는 12족원소들도 이와 같은 성질을 가진다.

금속아연의 성질

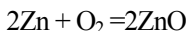
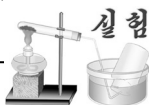
아연은 푸른빛이 도는 은백색의 금속이며 밀도는 7.14g/cm^3, 녹음점은 414.9℃, 끓음점은 907℃이다.

보통온도에서는 부서지는 성질이 있다. 그러나 100℃이상에서는 줄로 뽑을수도 있고 판으로 펼수도 있다. 200℃이상에서는 다시 부서지는 성질을 가진다.

Ⓘ 금속의 활성차례에서 아연의 자리를 말해보아라.

금속의 활성차례에서 아연은 철보다 앞에 놓여있지만 보통온도에서는 겉면에 얇은 산화물막이 덮여있어 더 산화되지 않는다.

아연은 열을 주면 흰 풀색불꽃을 내면서 탄다.

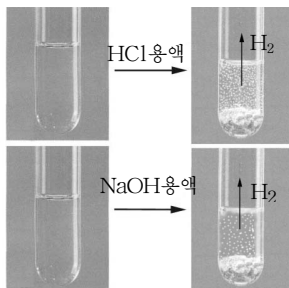
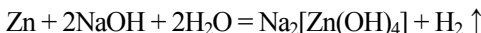
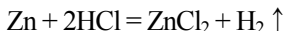
$$2Zn + O_2 = 2ZnO$$

아연이 물과 작용하면 $Zn(OH)_2$막이 금속겉면에 생겨 공기와 더 작용하지 못하게 된다. 이런 성질을 리용하여 아연도금판을 만들어 리용한다.

아연과 산 및 염기와의 반응

① 한 시험관에 아연쪼각을 넣고 짙은 염산을 넣는다. 어떤 현상이 일어나는가? 나오는 기체가 수소라는것을 어떻게 알수 있는가?

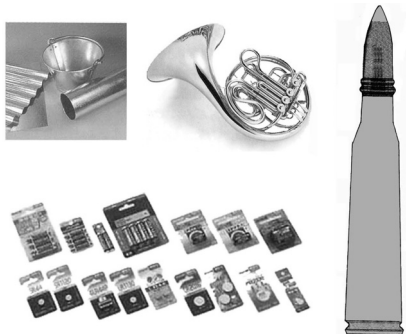
② 다른 시험관에 아연쪼각을 넣고 짙은 가성소다용액을 넣은 다음 알콜등으로 약간 덥혀준다. 어떤 현상이 일어나는가? 나오는 기체는 우의 실험에서처럼 확인할수 있는가?

아연은 알루미니움과 마찬가지로 산과도 알카리와도 반응하여 수소기체를 내보낸다.

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2 \uparrow$$

$$Zn + 2NaOH + 2H_2O = Na_2[Zn(OH)_4] + H_2 \uparrow$$

테트라히드록소아연산나트리움

아연은 아연도금판, 건전지생산, 금, 은의 만들기, 합금재료생산에 널리 쓰이며 아연화(ZnO)를 만드는데 쓰인다.

그림 2-2. 아연의 리용

아연의 화합물

산화아연(ZnO)은 금속아연을 태워서 만든다.

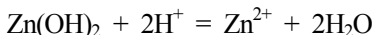
산화아연은 물에 잘 용해되지 않는 흰 가루이다.

흔히 아연화라고 부르는데 흰색안료로서 널리 쓰인다.

또한 고무를 만들 때와 화장품, 의약품으로서 연고를 만드는데 리용된다. 아연연고는 피부의 상처를 빨리 아물게 하는 작용을 한다.

수산화아연($Zn(OH)_2$)은 아연염용액에 알카리를 적당히 작용시킬 때 묵모양의 침전물로 얻어지는 량성수산화물이다.

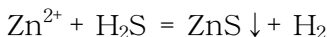
$$Zn(OH)_2 + 2H^+ = Zn^{2+} + 2H_2O$$

$$Zn(OH)_2 + 2OH^- = [Zn(OH)_4]^{2-}$$

염화아연($ZnCl_2$)은 금속아연 또는 산화아연을 염산과 작용시켜 만든다.

염화아연수용액은 납땜할 때 산화물막을 제거하는 역할을 한다. 또한 목재가 썩는것을 막는데도 리용되며 가죽이김과 물감을 들이는데도 리용된다.

용액에서 Zn^{2+}이온의 존재는 H_2S를 작용시킬 때 생기는 흰 침전물인 ZnS의 생성으로 알아볼수 있다.

$$Zn^{2+} + H_2S = ZnS \downarrow + H_2$$

흰색

ZnS는 형광물질로 널리 리용된다.

형광물질

어떤 물질에 빛을 쪼이면 그자체가 빛을 내보내는 경우가 있다.

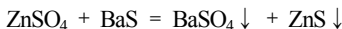
빛쪼임을 그만두었을 때 빛을 내보내는 발광현상이 멎는 경우 형광이라고 부르며 오래동안 지속적으로 빛을 내보내는 경우 린광이라고 부른다.

형광을 내보내는 물질을 **형광물질**이라고 부른다.

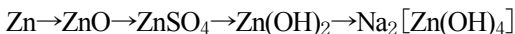
ZnS의 경우 형광은 불순물이 10^{-6}%이하로 포함되여야 나타나는데 여기에 Cu를 0.05% 넣으면 풀색빛이 나오고 Ag를 0.01% 넣으면 연한 보라색의 형광이 나온다.

ZnS와 $BaSO_4$의 혼합물을 리토폰이라고 하는데 독성이 없고 색변화가 생기지 않아 흰색안료로 널리 쓰인다.

이 혼합물은 다음과 같이 만들수 있다.

$$ZnSO_4 + BaS = BaSO_4\downarrow + ZnS\downarrow$$

문 제

1. 다음의 변화를 화학방정식으로 나타내여라.

$$Zn \rightarrow ZnO \rightarrow ZnSO_4 \rightarrow Zn(OH)_2 \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4]$$

2. $ZnSO_4$의 용해도는 20℃에서 53.8g/100g·물, 80℃에서는 85.9g/100g·물이다. 80℃의 포화용액 100g을 20℃로 식히면 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$가 결정으로 생긴다. 몇g 생기겠는가?(답. 58.6g)
3. 20%염산 500mL(ρ=1.1g/cm^3)에 충분한 량의 아연을 작용시켰다. 얻어진 용액의 %농도를 구하여라.(답. 31.8%)
4. 황동 100g을 충분한 량의 염산과 작용시킨 결과 표준조건에서 수소 7L가 나왔다. 황동의 질량조성을 구하여라.(답. Cu 79.7g, Zn 20.3g)

제3절. 철, 동과 그 화합물

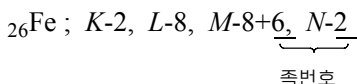
철과 그 화합물

철은 자연계에서 화합물상태로만 존재한다.

주요광물은 적철광 Fe_2O_3, 자철광 Fe_3O_4, 갈철광 $Fe_2O_3 \cdot 2H_2O$이다.

철원소. 철원소는 원소주기표에서 4주기 8족에 있다.

철원자의 전자배치는 다음과 같다.

$$_{26}Fe\ ;\ K\text{-}2,\ L\text{-}8,\ M\text{-}8+\underbrace{6,\ N\text{-}2}_{\text{족번호}}$$

철원소는 최외전자수가 2이므로 다른 양성원소들처럼 이 전자를 쉽게 내주려는 전기적양성을 가진다.

족번호를 나타내는 전자들을 원자가전자라고 부른다. 화합물을 이룰때 원자가전자가 화학결합에 참가한다.

철원소는 보통 +2, +3의 산화수를 가진다. 여기서 보다 안정한것은 +3의 산화수를 가지는 화합물이다.

? 망간원소는 주기표에서 철의 옆자리에 놓인다. Mn^{2+}와 Fe^{3+}의 전자배치에서 같은 점은 무엇인가?

? 망간의 대표적화합물인 $KMnO_4$에서 Mn의 산화수가 +7인것을 어떻게 설명할수 있는가?

철의 성질. 순수한 철은 윤기가 있는 은백색의 금속이며 부식도 잘되지 않는다.

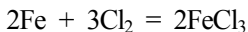
우리가 보통 리용하는 철에는 탄소와 그 화합물이 들어있어 공기속에서 쉽게 부식되여 붉은밤색으로 보인다. 붉은밤색의 물질은 $Fe(OH)_3$이다.

? 금속의 활성차례에서 철의 자리를 말해보아라.

철은 비교적 활성이 센 금속이다.

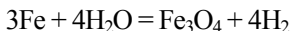
철은 높은 온도에서 산소, 류황, 염소 등과 세차게 반응한다.

$$Fe + S = FeS$$

$$2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$$

? 우의 두 반응에서 다른 점은 무엇인가?

철을 산소와 반응시키면 Fe_2O_3 또는 Fe_3O_4이 생긴다.

철을 높은 온도에서 수증기와 작용시킬 때에도 Fe_3O_4(검은색)이 생긴다.

$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$$

철이 짙은 류산용액이나 질산용액과 작용하면 Fe_3O_4산화물막이 생기면서 부동태화되므로 반응하지 않는다.

철의 녹조성

철의 녹조성은 공기속의 습도, 온도에 따라 달라진다.

보통 Fe_2O_3, $Fe_2O_3 \cdot H_2O$, $FeO \cdot Fe_2O_3 \cdot H_2O$, $Fe(OH)_3$, Fe_3O_4으로 이루어졌는데 일반식 $xFeO \cdot yFe_2O_3 \cdot zH_2O$의 조성으로 나타낸다.

철의 화합물. Fe_3O_4은 자성액체, 나노자성분말의 만들기에서 중요한 의의를 가진다.

Fe_2O_3은 붉은색의 안료로 쓰이며 연마제로도 리용된다.

철염과 가성소다와의 반응

① 시험관에 $FeSO_4$용액을 넣고 가성소다용액을 방울방울 벽을 따라 넣는다. 용액겉면에서 나타나는 색변화를 관찰한다.

② 다른 시험관에 염화철 $FeCl_3$용액을 넣고 가성소다용액을 넣는다. 첫 시험관과 비교해본다.

첫 시험관에서의 색변화는 왜 생기는가?

$Fe(OH)_2$과 $Fe(OH)_3$은 철염용액에 알카리를 작용시킬 때 얻어진다.

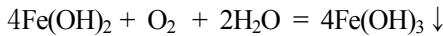
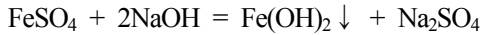
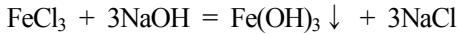
이때 흰 솜모양의 $Fe(OH)_2$침전물은 공기속에서 쉽게 산화되여 점차 붉

은밤색의 $Fe(OH)_3$으로 넘어간다.

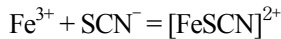
$$FeSO_4 + 2NaOH = Fe(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$$

$$4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O = 4Fe(OH)_3\downarrow$$

붉은밤색

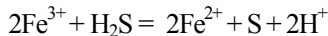
$$FeCl_3 + 3NaOH = Fe(OH)_3\downarrow + 3NaCl$$

붉은밤색

용액에서 Fe^{3+}은 KSCN을 작용시켜 알아본다.

$$Fe^{3+} + SCN^- = [FeSCN]^{2+}$$

피색

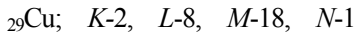
Fe^{3+}은 철, 동, 류화수소, I^-와 반응하면 Fe^{2+}로 변하는 특성이 있다.

$$2Fe^{3+} + Fe = 3Fe^{2+}$$

$$2Fe^{3+} + H_2S = 2Fe^{2+} + S + 2H^+$$

ⓘ Fe^{3+}와 동, I^-와의 반응을 화학방정식으로 나타내여라.

동과 그 화합물

동원소. 동원소는 원소주기표에서 4주기 11족에 놓여있다.

$_{29}Cu$; K-2, L-8, M-18, N-1

ⓘ 전자배치에서 아연과 같은 점은 무엇인가?

ⓘ 4주기 1족에 놓인 K의 전자배치와 다른 점은 무엇인가?

동은 최외전자층의 전자를 내놓고 다찬전자층구조를 가지려는 양성원소이다.

례: Cu_2O

그런데 동원자는 아연과 달리 원자가전자로 되는 아낙전자층의 전자 1개가 쉽게 화학결합에 참가하는 특성이 있어 보통 +2의 산화수를 가진다.

이런 특성이 있어 원소주기표에서 3족부터 11족까지의 원소들을 과도원소라고 부르기도 한다.

동과 그 화합물. 동은 붉그스름한 색(구리빛)을 가진 밀도가

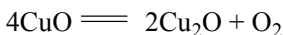
$8.9g/cm^3$인 금속이다.

동의 녹음점은 1 083℃이고 끓음점은 2 595℃이다.

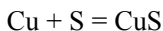
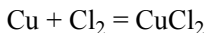
전기전도성과 열전도성은 금속들가운데서 두번째로 좋다.

동은 마른 공기속에서는 반응성이 약하나 습한 공기속에서는 겉면에 $Cu_2(OH)_2CO_3$의 풀색물질이 생긴다. 이 물질은 독성이 있으므로 동으로 만든 그릇을 사용할 때 이것이 생기지 않도록 해야 한다.

동에 열을 주면 검은색의 CuO가 생기며 CuO는 보다 높은 온도에서 Cu_2O와 산소로 분해된다.

$$4CuO \xlongequal{\text{높은 온도}} 2Cu_2O + O_2$$

동은 보통조건에서 염소, 류황증기와 잘 반응한다.

$$Cu + Cl_2 = CuCl_2$$

$$Cu + S = \underset{\text{검은색}}{CuS}$$

동은 짙은 류산용액이나 질산용액과 반응하여 SO_2이나 NO, NO_2기체를 내보낸다.

? 동과 짙은 류산, 묽은 질산, 짙은 질산과의 반응을 화학방정식으로 나타내여라.

용액에서 Cu^{2+}은 불길색반응이나 류화물에 의하여 쉽게 알아볼수 있다.

Cu^{2+}의 불길색반응

① 깨끗한 석영쪼각을 류산동용액에 잠그었다가 알콜등에 가져다댄다.

석영에서 나타나는 색을 본다.

② 염화동용액에 다른 석영쪼각을 잠그었다가 알콜등에 가져다댄다.

불길색이 어떠한가를 비교해본다.

Cu^{2+}의 불길색은 풀색이다.

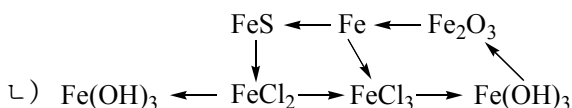
(?) 류산동용액에 류화나트리움을 작용시킬 때 어떤 침전물이 생기는가를 화학방정식으로 써보아라.

동은 각종 전기용품제조와 합금을 만드는데 널리 리용된다. 력사적으로 청동기시대가 있었는데 청동은 Cu 73~97%, Sn 3~25%로 된 합금이다.

문 제

1. 철과 동원자의 전자배치에서 같은 점과 다른 점을 찾아보아라.
2. 철절삭밥을 가지고 붉은색의 산화철(Fe_2O_3)을 만들려고 한다. 이 물질을 만들수 있는 방법을 두가지로 설계하여 화학방정식으로 나타내여라.
3. 류산동용액에 철판을 잠그었다가 일정한 시간이 지난 후 꺼내서 말리운 다음 저울로 달아보았더니 4g 더 무거워졌다. 생겨난 동은 몇 g인가?(답. 33.9g)
4. 다음의 변화를 화학방정식으로 나타내여라.

ㄱ) 동→산화동→류산동→수산화동→탄산동→산화동→동

ㄴ)
$$\begin{array}{ccccccc} & & FeS & \leftarrow & Fe & \leftarrow & Fe_2O_3 \\ & & \downarrow & & \searrow & & \nwarrow \\ Fe(OH)_3 & \leftarrow & FeCl_2 & \rightarrow & FeCl_3 & \rightarrow & Fe(OH)_3 \end{array}$$

제4절. 금속의 성질

주기표에서 금속원소의 자리와 성질

주기표에서 B-At을 련결하는 직선의 왼쪽에 놓이는 원소들이 금속원소이다.

금속원소들은 대부분 최외전자수가 1~2이다. 그러므로 금속원소들은 전기적양성을 가진다.

B-At련결선의 아래 놓이는 금속원소들은 최외전자수가 3이상이다.

원자가전자수가 3이상인 금속원소들은 화합물을 이룰 때 여러가지 산화수를 가진다.

금속의 물리성질과 그 분류

금속은 수은을 내놓고는 보통온도에서 고체이다.

금속은 광택을 가지며 색갈에 따라 흑색금속과 유색금속으로 나눈다.

흑색금속에는 철, 철의 합금, 크롬, 망간과 같은 금속이 속하며 나머지금속들은 유색금속에 속한다.

금속은 전기와 열을 잘 전달한다.

금속은 전성과 연성을 가진다.

금속은 밀도에 따라 경금속과 중금속으로 나눈다.

경금속은 밀도가 5g/cm^{3}보다 작은 금속을 말한다.

례: Li(0.53g/cm^3), Na(0.97g/cm^3), Mg(1.74g/cm^3), Al(2.7g/cm^3)

중금속은 밀도가 5g/cm^{3}보다 큰 금속을 말한다.

례: Zn(7.14g/cm^3), Fe(7.87g/cm^3), Cu(8.9g/cm^3), Pb(11.34g/cm^3), Hg(13.6g/cm^3)

일부 금속의 물리성질

녹음점이 제일 높은 금속 W(3 370℃)

전기와 열을 제일 잘 전달하는 금속 Ag(Ag>Cu>Au>Al…)

기계적성질이 제일 좋은 금속 Au(3 420m/g)

밀도가 가장 작은 금속 Li(0.53g/cm^3)

밀도가 가장 큰 금속 Os(22.5g/cm^3)

손바닥에서 녹는 금속 Ga(녹음점 29.8℃)

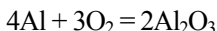
※ Cs(녹음점 28.5℃)은 손바닥에 놓으면 녹을수 있지만 반응이 일어나므로 올려놓을수 없다.

금속의 화학성질

단순물과의 반응. ① 금속의 활성차례에서 Hg까지의 금속들은 조건에 따라 공기중의 산소에 의해 산화되여 산화물을 만든다.

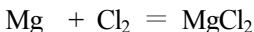
? 금속의 활성차례를 말해보아라.

금속의 활성차례에서 Al까지의 금속들은 마른 공기속에서 보통온도에서도 쉽게 산화된다.

$$4Al + 3O_2 = 2Al_2O_3$$

Zn, Fe, Pb 같은 금속들은 보통온도에서 습기있는 공기속에서 산화된다.

그러나 Ni과 Sn 같은 금속들은 열을 주어야 산화된다. 실례로 니켈도금한 손칼을 불로 가열하였다 놓으면 색이 변하는것을 느낄수 있다. 이런 특성이 있어 Ni과 Sn은 도금에 널리 리용된다.

② 금속들은 할로겐단순물과 반응하여 염을 만든다.

$$Mg + Cl_2 = MgCl_2$$

③ 금속들은 류황과 반응하여 염을 만든다.

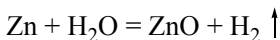
$$Fe + S = FeS$$

화합물과의 반응. **물과의 반응.** 금속의 활성차례에서 앞에 놓인 K, Ca, Na은 물과 세차게 반응하면서 수소를 내보내며 이때 많은 열이 난다.

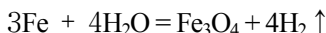
$$Ca + 2H_2O = Ca(OH)_2 + H_2\uparrow$$

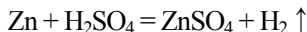
그다음에 놓이는 Mg, Zn은 끓는 물과만 반응한다.

$$Mg + 2H_2O = Mg(OH)_2 + H_2\uparrow$$

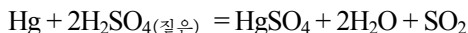
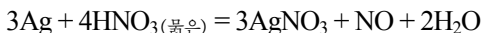
$$Zn + H_2O = ZnO + H_2\uparrow$$

(1 000℃이상의 수증기)

Fe는 빨갛게 달군 상태에서 물과 반응한다.

$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2\uparrow$$

산과의 반응. 금속의 활성차례에서 수소앞에 놓여있는 금속들은 산과 반응하여 수소기체를 내보낸다.

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2\uparrow$$

질산과 짙은 류산용액은 수소뒤에 놓여있는 금속들과도 반응한다.

$$3Ag + 4HNO_{3(\text{묽은})} = 3AgNO_3 + NO + 2H_2O$$

$$Hg + 2H_2SO_{4(\text{짙은})} = HgSO_4 + 2H_2O + SO_2$$

활성이 제일 약한 Au는 개별적인 산들과는 반응하지 않지만 왕수(질산과 염산의 1:4(물질량비) 혼합용액)와는 반응한다.

염기와의 반응. 활성차례에서 Al, Zn, Sn, Pb는 알카리와도 반응하여 수소기체를 내보낸다.

$$2Al + 2NaOH + 6H_2O = 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2\uparrow$$

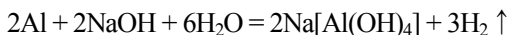
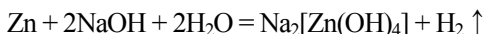
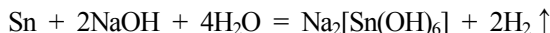
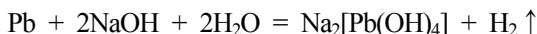
테트라히드록소알루민산나트리움

$$Zn + 2NaOH + 2H_2O = Na_2[Zn(OH)_4] + H_2\uparrow$$

테트라히드록소아연산나트리움

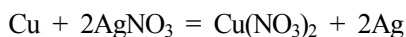
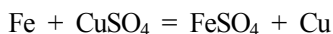
$$Sn + 2NaOH + 4H_2O = Na_2[Sn(OH)_6] + 2H_2\uparrow$$

헥사히드록소석산나트리움

$$Pb + 2NaOH + 2H_2O = Na_2[Pb(OH)_4] + H_2\uparrow$$

테트라히드록소연산나트리움

염과의 반응. 활성차례에서 앞에 놓인 금속은 뒤에 놓인 금속보다 전자를 내주려는 성질이 세다. 그러므로 앞에 놓인 금속은 뒤에 놓인 금속의 염용액으로부터 그 금속을 석출시킨다.

$$Fe + CuSO_4 = FeSO_4 + Cu$$

$$Cu + 2AgNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2Ag$$

금속의 활성차례와 화학성질 표 2-1

<table>
<tr><th>활성차례 / 반응물질</th><th>K, Ca, Na</th><th>Mg</th><th>Al</th><th>Zn</th><th>Fe</th><th>Ni</th><th>Sn, Pb</th><th>(H_2), Cu, Hg</th><th>Ag</th><th>Pt, Au</th></tr>
<tr><td>마른 공기와의 반응</td><td>보통온도에서 쉽게 산화</td><td colspan="2">가열하여야 산화</td><td colspan="5">세게 가열하여야 산화</td><td colspan="2">산화되지 않음</td></tr>
<tr><td>물과의 반응</td><td>보통온도에서 반응하여 수소기체 발생</td><td colspan="4">고온에서 수증기와 반응하여 수소기체 발생</td><td colspan="5">반응하지 않음</td></tr>
<tr><td>산과의 반응</td><td colspan="7">묽은 산과 반응하여 수소기체 발생</td><td colspan="2">질산, 뜨거운 질은 류산과 반응</td><td>왕수와 반응</td></tr>
<tr><td>염기와의 반응</td><td colspan="2">반응하지 않음</td><td colspan="2">알카리와 반응</td><td colspan="2">반응하지 않음</td><td>알카리와 반응</td><td colspan="3">반응하지 않음</td></tr>
</table>

금속원소와 인체에서의 작용

Ca: 이발과 뼈의 구성성분이며 근육과 신경의 정상활동을 돕고 지혈을 돕는 작용을 한다. 부족하면 구루병, 골송소증이 오며 다른 광물질의 흡수를 방해한다.

Na: 체액의 수준을 유지하며 근육의 정상작용을 보장한다. 부족하면 근육의 경련, 머리아픔이 생기며 과잉이면 고혈압, 빈혈이 나타난다.

K: Na와 비슷한 작용을 하며 물질대사를 돕는다. 부족하면 근육이 발달하지 못한다.

Mg: 골격발육을 촉진한다. 부족하면 근육이 발달하지 못하고 수축된다.

Fe: 적혈구단백질의 구성성분이다. 부족하면 빈혈이 오며 과잉이면 간장과 비장에서 중독현상이 일어난다.

Zn: 소화나 대사활동을 유지한다. 부족하면 상처가 아물지 않고 맛감각이 떨어지며 성장발육이 지연된다.

나노금속의 성질

나노금속재료는 일반금속재료와는 다른 일련의 특성을 가진다.

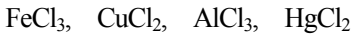
강도와 굳기가 매우 세다. 실례로 나노복합강의 굳기는 가장 굳은 공구강에 비해 1.7배 높다.

연성도 좋다. 나노결정동의 연신률은 방온도에서도 5 100%라고 한다. 일반결정동인 경우 800%로 연신하면 벌써 균렬이 생긴다.

금속나노립자는 공기중에서도 연소시킬수 있다.

금속의 결정립자들은 나노크기로 만들면 녹음점이 낮아진다. 실례로 Au와 Ag의 녹음점은 각각 1 063℃, 960℃이지만 립자의 직경을 2nm까지 작게 하면 300℃와 100℃로 낮아진다. 결국 나노립자의 은덩어리는 물속에서도 녹일수 있다.

문 제

1. 아래의 반응에서 수소기체를 내보내지 못하는것을 찾아라.
   ㄱ) 아연과 묽은 류산
   ㄴ) 철과 질은 류산
   ㄷ) 알루미니움과 질은 질산
   ㄹ) 아연과 수산화나트리움
2. 다음의 물질들가운데서 금속과 염산이 반응하여 생길수 있는 물질을 선택하여라.

   $FeCl_3$, $CuCl_2$, $AlCl_3$, $HgCl_2$
3. 알루미니움염용액에 Fe^{3+}, Ba^{2+}, Ag^{+}들이 섞여져있다. 이 이온들을 개별적으로 갈라내려면 어떻게 해야 하는가? 화학방정식을 쓰고 설명하여라.
4. 철과 알루미니움가루가 섞인 혼합물을 두 몫으로 나누었다. 한몫은 충분한 량의 염산과 반응시켰고 다른 몫은 가성소다용액과 반응시켰다.

   이때 얻어진 기체의 체적비는 같은 조건에서 2:1이였다. 염산과 반응시킨 용액에 표준조건에서 1.344L의 염소기체를 통과시켰더니 용액에 있는 40%의 Fe^{2+}가 Fe^{3+}로 산화되였다.

   혼합물속에 들어있는 금속의 질량조성을 구하여라.

   (답. Fe 33.6g, Al 10.8g)

제5절. 합금과 순금속

합금

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리 나라에는 합금원소들이 많으며 합금강생산을 발전시키는데 유리한 조건이 있습니다. 합금강은 기술혁명을 위하여 절실하게 요구됩니다.》

빨리 발전하는 인민경제의 여러 부문에서는 특이한 성질을 가진 금속재료들을 많이 요구한다.

특히 국방력을 강화하는데서 합금은 중요한 의의를 가진다.

합금이란 한 금속에 다른 금속이나 비금속을 섞어 녹여서 만든 금속재료를 말한다.

우리가 생활에서 많이 보고 리용하는 강철도 탄소와 철로 이루어진 합금이다.

합금은 합금을 구성하는 성분금속의 성질과는 다른 물리, 화학적성질을 가진다.

① 연판, 석판, 땜납을 책상우에 놓고 손칼끝으로 금을 그어본다. 어느것이 잘 그어지지 않는가?

이로부터 무엇을 알수 있는가?

② 철판우에 연, 석, 땜납쪼각을 올려놓고 그가운데부터 열준다. 어느것이 제일먼저 녹는가?

이로부터 무엇을 알수 있는가?

일반적으로 합금의 굳기는 성분금속들보다 세다.

또한 합금의 녹음점은 성분금속들보다 낮다. (그림 2-3)

우드합금의 녹음점은 69℃이며 이 합금을 구성하는 비스무트의 녹음점은 271℃, 연은 327℃, 석은 232℃, 카드미움은 321℃이다.

녹음점이 낮은 우드합금선은 전기스위치의 휴즈선으로 쓰인다.

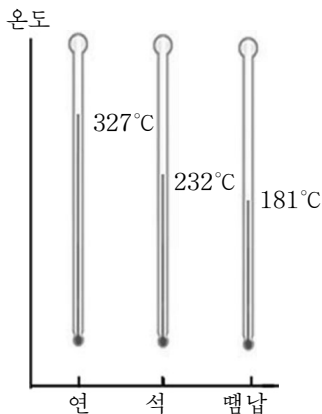
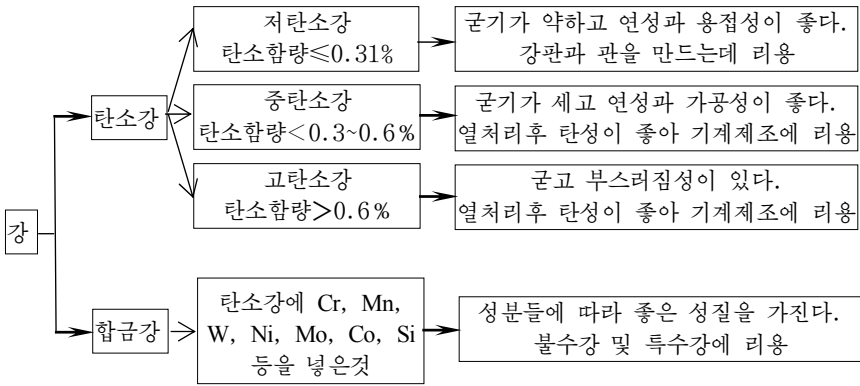



그림 2-3. 합금은 성분 금속들보다 녹음점이 낮다.

? 순수한 철의 녹음점은 1 535℃이다. 우리가 흔히 만나게 되는 2%이상의 탄소를 함유한 선철의 녹음점은 어떠하겠는가?

합금의 배합조성과 원료에 따라 합금의 성질이 달라진다.

철의 합금을 강이라고 하는데 강은 조성에 따라 탄소강과 합금강으로 나눈다.

일상생활에서 흔히 보게 되는 합금과 그것의 용도는 다음과 같다.

몇가지 합금의 특성과 용도 표 2-2

합금의 이름	주요성분	특성	용도
황동	Cu, Zn	굳고 부식되지 않는다.	기계 및 전기부속품
청동	Cu, Sn	부식되지 않고 주물성이 좋다.	주물품, 정교한 공예품, 조각품
듀랄루민	Al, Cu, Mg, Mn	가볍고 굳다.	비행기, 자동차, 건축재료
땜납	Pb, Sn	녹음점이 낮다.	전자요소, 금속쪼각련결
불수강	Fe, Cr, Ni	부식되지 않는다.	의료기구, 화학설비, 일용품
탄소강	Fe, C	굳다.	건축재료, 기계부속, 배, 철다리
우드합금	Bi, Pb, Sn, Cd	녹음점이 낮다.	전기스위치의 휴즈선

참 고　　기능성합금

형대기억합금

특수한 형태기억능력을 가진 합금을 말한다.

대표적인것은 니켈-티탄합금이다. 1:1비률로 섞어 일정한 모양을 가지도록 만든 합금선은 보통조건에서는 여러가지 모양으로 구부릴수도 있다.

이것은 일정한 온도에 이르게 되면 원래의 모양으로 되돌아간다.

이런 합금은 위성, 항공, 생물공학, 의학, 자동차부문들에서 쓸모가 많다.

고온합금

높은 온도에서 비교적 높은 굳기를 보존하는 합금을 말한다. 이것은 비행기제작과 발전기의 날개 등에서 매우 중요한 자리를 차지한다.

저장합금

일반적으로 수소저장능력을 가진 합금을 말한다.

보통 방온도에서는 수소기체를 흡수하고 가열하면 수소를 급속히 내보내는 특성이 있다. 수소저장합금은 마그네시움, 망간, 희토류금속을 기본으로 해서 만든다. 21세기 에네르기원천을 대표하는 수소를 다루는데서 매우 중요하다. 수소저장합금은 수소기체저장, 수송문제뿐아니라 수소기체의 회수, 분리, 정화 등에서도 많이 리용된다.

순금속

우리가 리용하는 금속은 순수하다고 해도 거기에는 보통 0.1~0.01%의 다른 물질이 섞여있다.

자연계에서 절대적으로 순수한 물질은 없다. 그것은 이러저러한 요인으로 다른 물질이 섞여들어가기때문이다.

과학과 기술이 발전함에 따라 혼입물의 량을 줄일수 있게 되였으며 이것은 현재까지 발견하지 못했던 새로운 성질들을 찾아낼수 있게 한다.

전자공업, 원자력공업 등에 쓰이는 금속들은 순도가 아주 높아야 한다. 실례로 전자공업에서 쓰이는 동선이나 알루미니움선은 혼입물의 량이 10^{-4}~10^{-5}%보다 적어야 한다.

혼입물이 10^{-2}%이하 들어있는 금속을 순금속이라고 부른다. 즉 순도가 99.99%이상인 금속을 말한다.

금속은 순도에 따라 표 2-3과 같이 나눈다.

금속의 순도 표 2-3

분 류	혼입물/%
공업용금속	1~0.01
순금속	0.01이하
고순도금속	0.001~0.000 01
초고순도금속	0.000 01이하

순금속, 고순도금속, 초고순도금속을 통털어 순금속이라고도 부른다.

문 제

1. 다음의 빈자리에 알맞는 표현을 찾아 써넣어라.
   녹이 잘 생기지 않는, 녹이 쓸수 있는, 인류 최초시기에 사용한, 가볍고 굳은
   ㄱ) ____________청동
   ㄴ) ____________불수강
   ㄷ) ____________듀랄루민
   ㄹ) ____________철
2. 다음의 물질들에서 금속재료를 찾아내여라.
   탄소강, 산화철, 동, 탄, 놋, 산화알루미니움, 류화동
3. 다음의 표현들에서 잘못된것을 바로잡아라.
   ① 합금은 금속광택이 없다.
   ② 합금은 열, 전기전도성이 없다.
   ③ 합금은 연성, 전성이 없다.
   ④ 합금의 물리, 화학적성질은 순금속보다 좋다.
4. 네 종류의 금속단순물인 Na, Mg, Al, Zn가운데서 두 종류의 금속으로 만든 합금 12g이 있다.
   이것을 염산과 충분히 반응시켰을 때 5.6L의 수소기체(표준조건)가 생겼다.
   이 합금속에 반드시 있다고 보는 금속은 무엇인가? 그 까닭을 설명하여라.

장종합

주기표에서 금속원소의 자리와 성질

자리. 주기표에서 B-At을 련결하는 직선의 왼쪽에 놓이는 원소들

성질. 대부분 최외전자수가 1~2이다.

B-At련결선의 아래 놓이는 금속원소들인 경우 최외전자수가 3 이상이다.

원자가전자수가 3이상인 금속원소들은 화합물을 이룰 때 여러가지 산화수를 가진다.

금속원소들은 전기적양성을 가진다.

금속의 활성차례와 성질

산소와 반응하는 금속: K-Hg

물과 반응하는 금속: K-Fe

산과 반응하여 수소를 내는 금속: K-Pb(수소앞)

산과도 염기와도 반응하는 금속: Al, Zn, Sn, Pb

염용액과 반응하는 금속: 활성차례에서 보다 앞에 놓인 금속과 뒤에 놓인 금속의 염용액

합금과 순금속

합금-한 금속에 다른 금속이나 비금속을 섞어서 녹여 만든 금속재료

순금속-혼입물의 량이 10^{-2}%이하 들어있는 금속

복습문제

1. 금이나 백금은 자연계에 단순물로 존재한다. 그 까닭은 무엇인가?
2. 다음 문장들의 빈칸에 알맞는 표현을 골라 써넣어라.

① 금속원자의 일반적인 특징은 ___________.

② 금속의 일반적인 특징은 __________.

표현 ㄱ) 녹음점과 끓음점이 비교적 낮은것이다.

ㄴ) 전자수가 적은것이다.

ㄷ) 최외전자수가 적고 쉽게 전자를 잃는것이다.

ㄹ) 금속광택이 있고 전기전도성, 연성, 전성을 가지는것이다.

3. 다음의 용액들가운데서 공기중에 오래동안 놓아두면 변하는것을 찾아라.

KCl, $FeSO_4$, $CuSO_4$, $Ba(NO_3)_2$

4. 알루미니움에 대한 아래의 표현에서 잘못된것을 바로잡으라.

① 알루미니움은 땅껍데기에 가장 많은 원소이다.

② 보통온도에서 알루미니움은 산소와 반응하지 않는다.

③ 알루미니움은 비교적 활성이 센 금속이다.

④ 화학반응에서 알루미니움은 쉽게 전자를 잃는다.

5. 철쪼각을 다음의 용액에 넣어 충분히 반응시켰다.
용액의 질량이 반응전보다 감소된것을 지적하여라.

ㄱ) 묽은 류산용액 ㄴ) 염산 ㄷ) $CuSO_4$용액 ㄹ) $FeSO_4$용액

6. 활성이 센 금속이 활성이 작은 금속의 염용액과 반응하여 금속을 석출시킬수 없는 경우를 다섯가지이상 들고 그 리유를 설명하여라.

7. 표준조건에서 이산화류황 2.8L를 얻자면 동 몇g과 밀도가 $1.84g/cm^3$인 96% 류산용액 몇mL를 반응시켜야 하는가? 이때 얻어지는 류산동은 몇g인가?(답. 8g, 13.9mL, 20g)

8. 다음의 물질들이 철과 반응하여 생기는 생성물을 지적하여라.

ㄱ) 류산철(Ⅲ)용액 ㄴ) 류산동용액 ㄷ) 묽은 류산

ㄹ) 수증기 ㅁ) 류황가루 ㅂ) 염소기체

9. 철과 동가루가 섞인 혼합물을 뜨거운 질산과 반응시켰다. 반응후 철이 용액에 남아있을 때 용액에 비교적 많은 양이온은 무엇인가?

ㄱ) Fe^{2+} ㄴ) Fe^{2+}, H^+ ㄷ) Fe^{2+}, Cu^{2+} ㄹ) Fe^{2+}, Fe^{3+}, H^+

10. 6.35g의 동, 2.7g의 알루미니움, 5.6g의 철, 6.5g의 아연을 0.1mol/L 염산 50mL와 반응시킬 때 수소기체를 가장 많이 내보내는것은 어느 금속인가?

제3장. 산화환원반응, 반응열

석탄이 불타거나 용광로에서 철이 얻어지는 과정은 다같이 산화환원반응이다. 이 반응은 열이 나드는 과정이다.

반응과정에 나드는 열은 우리의 생활과 생산 그리고 동식물의 생명활동에서 중요한 의의를 가진다.

이 장에서는 산화환원반응을 산화수와 전자론적견지에서 고찰하고 이 리론의 응용분야인 선철과 강철의 만들기에 대하여 학습한다.

그리고 화학반응에서 에네르기변화과정을 열함수에 기초하여 밝히고 그 응용분야인 마그네샤크링카와 카바이드의 만들기에 대하여 학습한다.

제1절. 산화와 환원

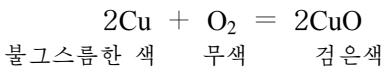
지금까지 우리는 산화와 환원을 산소를 기준하여 보았다.

Ⓠ 산화란 무엇이며 환원이란 무엇인가?

산화

동을 산소와 작용시키면 산화동이 생긴다.

$$2Cu + O_2 = 2CuO$$

불그스름한 색　　무색　　검은색

CuO는 Cu^{2+}와 O^{2-}로 이루어진 이온성화합물이다.

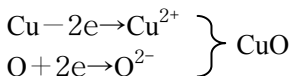
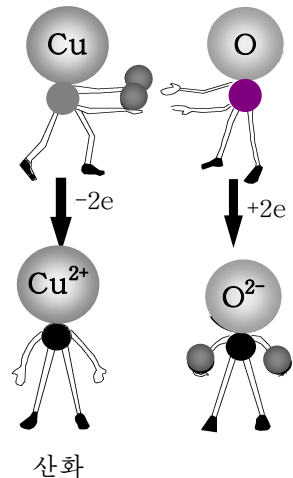
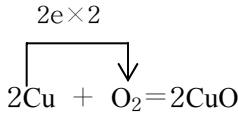
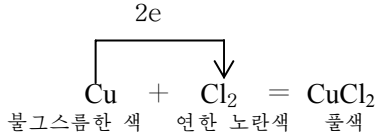
$$\left.\begin{array}{l} Cu-2e \rightarrow Cu^{2+} \\ O+2e \rightarrow O^{2-} \end{array}\right\} CuO$$

반응과정에 동원자는 산소원자에 전자를 내준다.(그림 3-1)

그림 3-1. 동의 산화

$$2Cu + O_2 = 2CuO \quad (2e \times 2)$$

빨갛게 달군 동을 염소기체속에 넣으면 염화동이 생긴다.

$$Cu + Cl_2 = CuCl_2 \quad (2e)$$

불그스름한 색 연한 노란색 풀색

이 반응에서도 동원자는 염소원자에 전자를 내준다.

산화란 원자나 이온이 전자를 내주는 과정이다.

(?) 철과 류황이 반응하면 류화철이 생긴다. 이 반응이 산화반응이라는것을 화학방정식을 쓰고 설명하여라.

환원

이미 배운 산화동과 수소와의 반응을 보자.

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O \quad (2e)$$

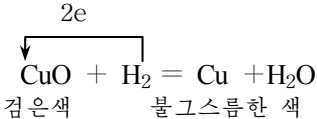
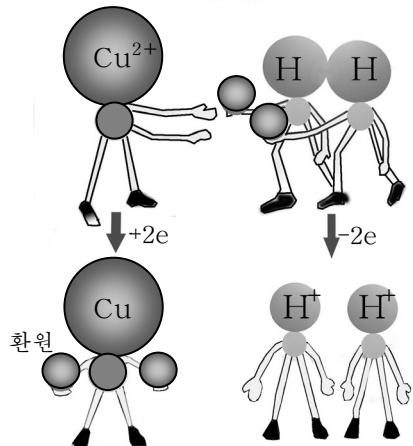
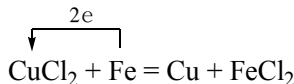
검은색 불그스름한 색

이 반응에서는 산화동의 Cu^{2+}이 수소원자 H가 내준 전자를 받아 동원자로 된다.(그림 3-2)

그림 3-2. 산화동의 환원

염화동용액에 철을 넣으면 철겉면에 동이 나붙는다.(그림 3-3)

이 반응에서도 Cu^{2+}이 철원자로부터 전자를 받아 동원자로 된다.

$$CuCl_2 + Fe = Cu + FeCl_2 \quad (2e)$$

환원이란 원자나 이온이 전자를 받아들이는 과정이다.

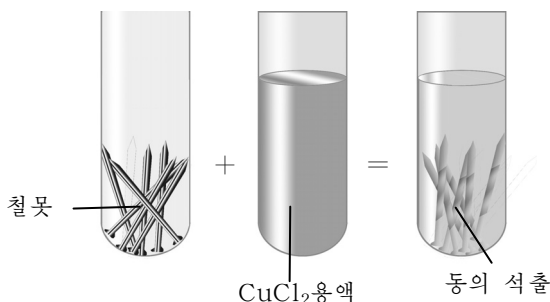



그림 3-3. 염화동용액으로부터 동의 석출

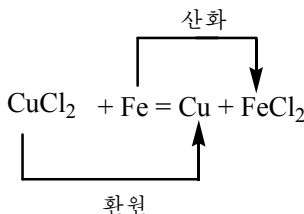
? 질산은용액에 동을 넣으면 동겉면에 은이 나붙는다. 이 반응이 환원반응이라는것을 화학방정식을 쓰고 전자의 이동으로 설명하여라.

문 제

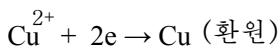
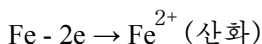
1. 다음 물질들사이의 반응을 화학방정식으로 쓰고 그가운데서 산화와 환원에 대해서는 전자이동을 표시하여라.
   ㄱ) 염산과 아연과의 반응
   ㄴ) 수산화칼시움과 염산과의 반응
   ㄷ) 탄산칼시움과 염산과의 반응
   ㄹ) 요드화칼리움과 염소와의 반응
2. 나트리움 46g을 충분한 염소와 작용시켜 염화나트리움을 얻었다. 이때 이동한 전자수는 얼마인가?(답. 2mol)
3. 염산에 아연을 넣으면 수소기체가 나온다. 1mol/L HCl용액 100mL로부터 수소 몇L(표준조건에서)를 얻을수 있으며 수소가 받은 전자수는 얼마인가?(답. 1.12L, 0.1mol)

제2절. 산화환원반응

산화와 환원은 언제나 함께 일어난다. 그것은 전자를 내주는 물질이 있어야 다른 물질이 그 전자를 받을수 있기때문이다.

염화동과 철과의 반응을 다시 살펴보자.

이 반응에서 Fe는 Cu^{2+}에 전자를 내주고 Fe^{2+}로 산화되며 Cu^{2+}는 그 전자를 받아 Cu로 환원된다.

$$Fe - 2e \rightarrow Fe^{2+} \text{ (산화)}$$

$$Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu \text{ (환원)}$$

반응에서 Fe의 산화수는 0으로부터 +2로 커졌다. 전자이동의 견지에서 보면 산화수가 커진다는것은 전자를 내준다는것이고 산화수가 작아진다는것은 전자를 받아들인다는것이다.

그러므로 산화는 원소의 산화수가 커지는 과정이며 환원은 원소의 산화수가 작아지는 과정이다.

반응하는 물질들사이에서 전자를 주고받아 원소의 산화수가 변하는 반응을 산화환원반응이라고 부른다.

그러므로 산화수변화로 산화환원반응인가 아닌가를 알수 있다.

산화수변화를 알자면 반응물과 생성물에서 매 원소의 산화수를 따져보아야 한다.

HCl과 같은 극성분자에서 원소의 산화수를 어떻게 결정하는가.

HCl극성분자에서 Cl의 전기음성도(3.0)는 H의 전기음성도(2.1)보다 크므로 염소원자가 공유전자쌍을 끌어당기게 된다. 즉 공유전자쌍이 한쪽으로 쏠린다.(그림 3-4)

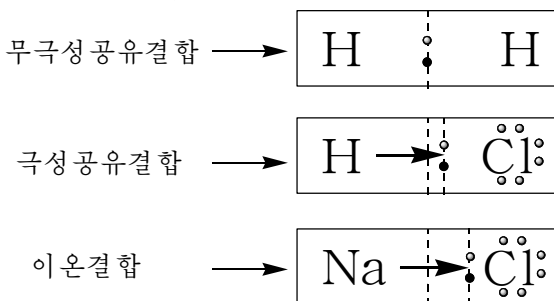
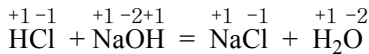



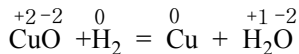
그림 3-4. 화학결합에서 전자의 이동

공유전자쌍이 염소원자쪽으로 쏠렸다는것은 수소원자로부터 전자가 옮겨졌다고 생각할수 있다. 이렇게 되면 이온성화합물 NaCl에서처럼 전자의 이동으로 H원소와 Cl원소의 산화수를 생각할수 있다. 즉 전자 1개를 염소원자에 내주었다고 본 수소원소의 산화수는 +1로 되고 그 전자 1개를 받았다고 본 염소원소의 산화수는 -1로 된다.

염산과 수산화나트리움과의 반응

$$\overset{+1\,-1}{HCl} + \overset{+1\,-2\,+1}{NaOH} = \overset{+1\,-1}{NaCl} + \overset{+1\,-2}{H_2O}$$

은 반응물과 생성물에서 매 원소의 산화수변화가 없다. 따라서 이 반응은 산화환원반응이 아니다. 이 반응은 이온교환반응이다.

산화동과 수소와의 반응

$$\overset{+2\,-2}{CuO} + \overset{0}{H_2} = \overset{0}{Cu} + \overset{+1\,-2}{H_2O}$$

에서는 반응물과 생성물에서 원소의 산화수변화가 있다. 즉 Cu의 산화수는 +2로부터 0으로 작아졌고 H의 산화수는 0으로부터 +1로 커졌다. 그러므로 이 반응은 산화환원반응이다.

문 제

1. 다음 물질들사이의 반응은 산화환원반응이다. 왜 그런가?
   ㄱ) 나트리움과 염소　　ㄴ) 마그네시움과 산소
   ㄷ) 요드와 수소　　ㄹ) 산화동과 탄소
   ㅁ) 산화연과 수소　　ㅂ) 산화철(Ⅲ)과 알루미니움
2. 산화환원반응 $3S + 6KOH = K_2SO_3 + 2K_2S + 3H_2O$에서 산화된 류황원자와 환원된 류황원자의 비는 (　)이다.
   ① 1:2 ② 2:1 ③ 1:1 ④ 3:2
3. 농촌들에서는 메탄가스화를 널리 받아들이고있다. 메탄 CH_4을 연소시키면 탄산가스와 물이 생긴다. 다음의 물음에 대답하여라.
   ① 표준조건에서 4m^3의 메탄을 연소시킬 때 공기 몇m^3가 필요한가?
   ② 메탄은 산화되는가 환원되는가?
   ③ 메탄 4m^3를 연소시킬 때 옮겨지는 전자수는 얼마인가?
   (답. ① 38.1m^3 ③ 1 428.6mol)

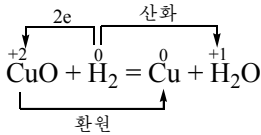
제3절. 산화제와 환원제

산화제와 환원제란 무엇인가

동의 겉면을 산화시킨 산화동타래선을 시험관에 넣고 열을 주면서 수소기체를 흘려보내면 점차 검은색의 산화동이 불그스름한 동으로 환원된다.

2e 산화

$$\overset{+2}{\mathrm{Cu}}\mathrm{O} + \overset{0}{\mathrm{H_2}} = \overset{0}{\mathrm{Cu}} + \overset{+1}{\mathrm{H_2}}\mathrm{O}$$

환원

다시말하여 산화동은 수소를 산화시켜 물로 만들고 수소는 산화동을 환원시켜 동으로 만들었다.

반응에서 다른 물질을 산화시키는 물질을 산화제라고 부르며 다른 물질을 환원시키는 물질을 환원제라고 부른다.

? 류산동용액과 철과의 반응에서 산화제와 환원제는 각각 어느것인가?

산화환원반응에서 산화제와 환원제를 쉽게 갈라보는 방법은 없겠는가.

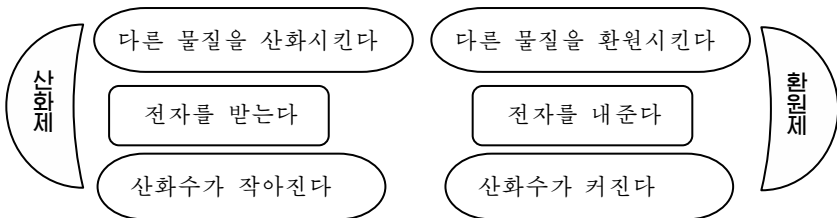
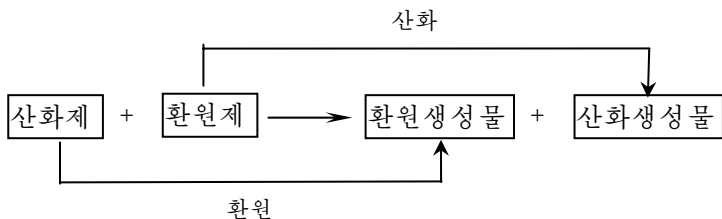



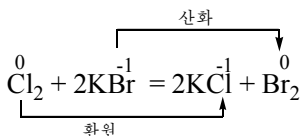
그림 3-5. 산화제와 환원제

산화환원반응은 산화제와 환원제사이의 반응이다.

단순물의 산화환원능력

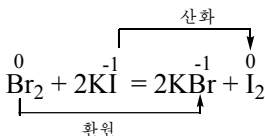
할로겐단순물의 산화제적능력을 보자.

브롬화칼리움용액에 염소수를 작용시키면 붉은밤색의 브롬이 생긴다.

$$\overset{0}{Cl_2} + 2K\overset{-1}{Br} = 2K\overset{-1}{Cl} + \overset{0}{Br_2}$$

(산화: $Br^{-1} \rightarrow Br^0$; 환원: $Cl^0 \rightarrow Cl^{-1}$)

요드화칼리움용액에 브롬수를 작용시키면 보라색의 요드가 생긴다.

$$\overset{0}{Br_2} + 2K\overset{-1}{I} = 2K\overset{-1}{Br} + \overset{0}{I_2}$$

(산화: $I^{-1} \rightarrow I^0$; 환원: $Br^0 \rightarrow Br^{-1}$)

염화칼리움용액에 브롬수를 작용시키면 반응이 일어나지 않는다.

$$Br_2 + KCl \rightarrow \times$$

이로부터 할로겐단순물의 산화제적능력은 $Cl_2 > Br_2 > I_2$이다.

대표적인 단순물산화제들에는 불소 F_2, 산소 O_2, 염소 Cl_2, 브롬 Br_2 등이 있다. 이가운데서 불소의 산화제적능력이 제일 세다.

대표적인 비금속환원제는 H_2, C이다.

금속은 화학반응에서 환원제로만 작용한다. 금속의 환원제적성질은 금속의 활성차례와 같다.

대체로 금속의 환원제적성질은 금속원소의 전기음성도가 작을수록 세며 비금속의 산화제적성질은 비금속원소의 전기음성도가 클수록 세다.

화합물의 산화환원능력

화합물의 산화환원능력은 화합물을 이루고있는 중심원소의 산화수에 의하여 평가할수 있다.

례: $H_2\overset{-2}{S}$, $\overset{+4}{S}O_2$, $H_2\overset{+4}{S}O_3$, $H_2\overset{+6}{S}O_4$

류황은 화합물에 따라 -2, +4, +6의 산화수를 가진다.

+6의 산화수를 가지는 짙은 류산은 산화제로만 작용한다.

$$Cu + 2H_2\overset{+6}{S}O_4 {}_{(짙은)} = CuSO_4 + \overset{+4}{S}O_2 + 2H_2O$$

산화제 → 환원

반대로 -2의 산화수를 가지는 H_2S는 환원제로만 작용한다.

$$2H_2\overset{-2}{S} + 3O_2 = 2H_2O + 2\overset{+4}{S}O_2$$

환원제 → 산화

산화수가 +4인 SO_2과 H_2SO_3은 산화제로도 작용하고 환원제로도 작용한다.

$$2\overset{+4}{S}O_2 + O_2 = 2\overset{+6}{S}O_3 \qquad \overset{+4}{S}O_2 + 2H_2\overset{-2}{S} = 2H_2O + 3\overset{0}{S}$$

환원제 → 산화 　 산화제 → 환원

대체로 중심원소의 산화수가 큰 화합물들이 산화제로 되며 반대로 중심원소의 산화수가 작은 화합물들은 환원제로 된다.

대표적인 산화제: H_2O_2, HNO_3, 짙은 H_2SO_4, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, $KClO_3$, $HClO$

대표적인 환원제: CO, $FeSO_4$, $SnCl_2$

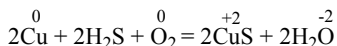
참고 동제품의 색갈이 변하는것은?

놋숟가락이나 놋저가락 등 동제품이 거멓게 되거나 풀색으로 변하는것을 볼수 있다.

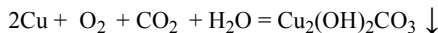
그것은 무엇때문인가.

석탄이 탈 때에는 탄산가스, 이산화류황, 산화질소, 수증기 등이 생긴다. 그러나 공기가 부족하면 일산화탄소, 류화수소 등이 생긴다.

이때 생기는 류화수소가 공기속의 산소와 함께 동과의 산화환원반응에 참가하여 검은색의 류화동을 만든다.

$$2\overset{0}{Cu} + 2H_2S + \overset{0}{O_2} = 2\overset{+2}{Cu}S + 2H_2\overset{-2}{O}$$

석탄을 땔 때 동제품이 거멓게 변하는것은 이때문이다.

동은 누기있는 공기와 탄산가스가 있는 조건에서는 다음의 산화환원반응을 일으켜 풀색의 탄산수산동 $Cu_2(OH)_2CO_3$으로 된다.

$$2Cu + O_2 + CO_2 + H_2O = Cu_2(OH)_2CO_3 \downarrow$$

이로 하여 동제품이 풀색으로 변하게 된다.

문 제

1. 다음 물질들사이의 반응을 화학방정식으로 쓰고 산화제와 환원제를 밝혀라.
   ㄱ) 류산동과 철과의 반응
   ㄴ) 수소와 염소와의 반응
   ㄷ) 브롬화칼리움과 염소와의 반응
2. 다음 표현들에서 옳고 그른것을 찾고 그 리유를 밝혀라.
   ㄱ) 비금속은 금속과의 반응에서 산화제로만 작용한다.
   ㄴ) 불소의 산화제적세기가 제일 크다고 하는것은 불소가 화합물에서 +산화수를 가지지 못하기때문이다.
   ㄷ) 산소가 불소 다음으로 산화제적세기가 크다고 하는것은 불소와의 화합물을 제외한 모든 화합물에서 -2, -1의 산화수를 가지기때문이다.
3. 금속들이 환원제로만 쓰이고 활성이 큰 비금속들이 산화제로만 쓰이는것은 무엇때문인가?

제4절. 산화환원방정식꾸미기

산화환원방정식의 결수맞추기는 산화환원반응에서 산화제가 받은 전자수는 환원제가 내준 전자수와 같다는 원리에 기초하고있다.

산화수의 견지에서 보면 산화환원반응에서 커진 산화수의 총합과 작아진 산화수의 총합이 같다는것이다.

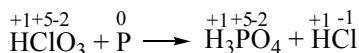
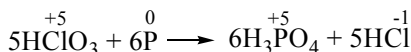
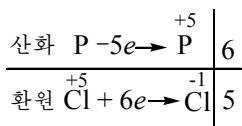
례 1: 염소산과 린이 반응하여 린산과 염화수소가 생기는 반응의 산화환원방정식을 세워라.

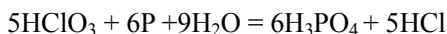
풀이. ① 반응물과 생성물의 화학식을 쓰고 원소들의 산화수를 표시한다.

$$\overset{+1+5-2}{HClO_3} + \overset{0}{P} \longrightarrow \overset{+1+5-2}{H_3PO_4} + \overset{+1\,-1}{HCl}$$

② 산화수변화가 있는 원소들에서 주고받은 전자수가 같아지도록 결수를 구한다.

산화	$P - 5e \rightarrow \overset{+5}{P}$	6
환원	$\overset{+5}{Cl} + 6e \rightarrow \overset{-1}{Cl}$	5

$$5H\overset{+5}{Cl}O_3 + 6\overset{0}{P} \longrightarrow 6H_3\overset{+5}{P}O_4 + 5H\overset{-1}{Cl}$$

③ 나머지원소들인 H와 O의 원자수를 비교하여 수소원자 23-5=18(개), 산소원자 24-15=9(개)는 물분자로 맞춘다.

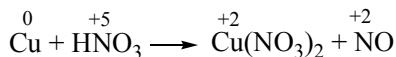
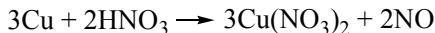
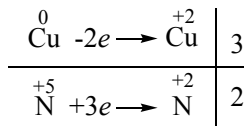
$$5HClO_3 + 6P + 9H_2O = 6H_3PO_4 + 5HCl$$

례 2: 묽은 질산과 동과의 반응에서 질산동과 일산화질소가 생긴다. 산화환원방정식을 세워라.

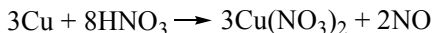
풀이. ① 반응물과 생성물의 화학식을 쓰고 산화수변화가 있는 원소들의 산화수를 표시한다.

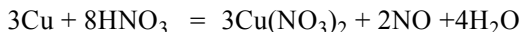
$$\overset{0}{Cu} + H\overset{+5}{N}O_3 \longrightarrow \overset{+2}{Cu}(NO_3)_2 + \overset{+2}{N}O$$

② 산화수변화가 있는 원소들에서 주고받은 전자수가 같아지도록 결수를 구한다.

$$
\begin{array}{l|l}
\overset{0}{Cu}\ -2e \longrightarrow \overset{+2}{Cu} & 3 \\
\hline
\overset{+5}{N}\ +3e \longrightarrow \overset{+2}{N} & 2
\end{array}
$$

$$3Cu + 2HNO_3 \longrightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO$$

③ 여기서 $3Cu(NO_3)_2$에 들어있는 6개의 질소원자는 산화수변화가 없이 그대로 넘어온것이므로 $2HNO_3$에 $6HNO_3$을 더해서 나타낸다.

$$3Cu + 8HNO_3 \longrightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO$$

④ 부족한 수소원자수를 물분자로 보충하여 갈기식으로 나타낸다.

$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

문 제

1. 다음의 산화환원반응에서 전자이동과 산화수변화를 밝히고 산화제, 환원제를 지적하여라.

ㄱ) $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$

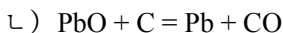
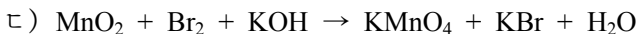
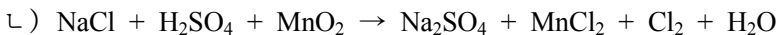
ㄴ) $PbO + C = Pb + CO$

2. 다음 반응들의 산화환원방정식을 완성하여라.

ㄱ) $S + HNO_3 \rightarrow H_2SO_4 + NO$

ㄴ) $NaCl + H_2SO_4 + MnO_2 \rightarrow Na_2SO_4 + MnCl_2 + Cl_2 + H_2O$

ㄷ) $MnO_2 + Br_2 + KOH \rightarrow KMnO_4 + KBr + H_2O$

ㄹ) $As_2O_3 + HNO_3 + H_2O \rightarrow H_3AsO_4 + NO$

3. 짙은 염산에 이산화망간 4.35g을 넣고 열을 줄 때 생기는 염소는 표준조건에서 몇L이겠는가?(답. 1.12L)

제5절. 선철과 강철

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《철광석매장량이 풍부한 우리 나라에서는 흑색야금공업을 발전시켜 철생산을 계속 늘여야 합니다.》

우리 나라에는 철광석이 많이 매장되여있다. 그러므로 흑색야금공업을 발전시켜 철생산을 늘일수 있는 전망이 매우 크다.

철이 들어있는 광석을 철광석 또는 쇠돌이라고 부른다.

쇠돌속에 들어있는 모래와 같은 불순물을 갈라내는것을 선광이라고 부른다.

선철만들기

선철은 적철광 Fe_2O_3, 자철광 Fe_3O_4과 같은 철광석을 석탄으로 환원하여 만든다. 이렇게 만든 철에는 탄소가 탄화철 Fe_3C형태로 들어있는데 탄소함량이 2%이상이면 선철이라고 부른다.

철광석속에는 맥석이라고 하는 SiO_2이 들어있다.

철광석속에 들어있는 산소를 없애기 위하여 일산화탄소가 쓰이고 SiO_2을 없애기 위해 석회석이 쓰인다.

선철은 산화환원반응에 기초하여 용광로에서 만든다.(그림 3-6)

로의 꼭대기에서 철광석, 콕스, 석회석을 넣고 로의 밑으로는 열풍로에서뜨거워진 공기를 불어넣는다. 공기가 들어가는 로의 아래부분에서 콕스가 타면

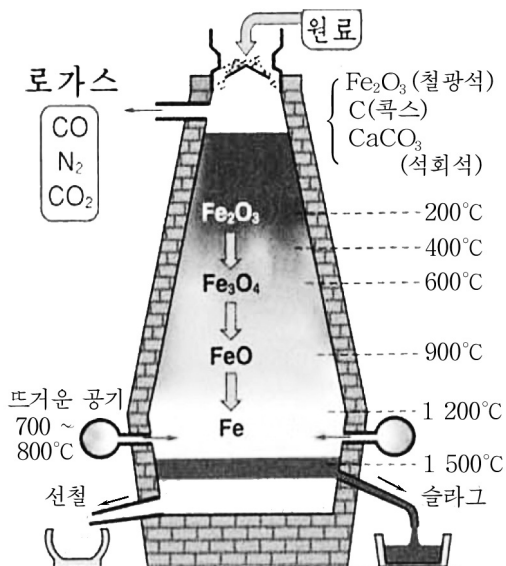
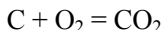



그림 3-6. 용광로에서 선철생산

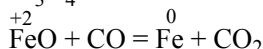
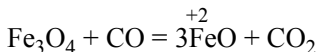
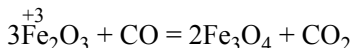
일산화탄소로 된다.

$$C + O_2 = CO_2$$

$$CO_2 + C = 2CO$$

이때 많은 열이 나므로 로밑통의 온도는 1 500℃에 이른다. 일산화탄소는 우로 올라가면서 광석속의 철의 산화물을 환원시킨다.

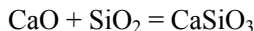
$$3\overset{+3}{Fe}_2O_3 + CO = 2Fe_3O_4 + CO_2$$

$$Fe_3O_4 + CO = 3\overset{+2}{Fe}O + CO_2$$

$$\overset{+2}{Fe}O + CO = \overset{0}{Fe} + CO_2$$

생겨난 철의 일부가 탄소와 반응하여 탄화철 Fe_3C로 되여 쇠물속에 용해된다.

석회석은 분해되여 다음과 같이 반응한다.

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

$$CaO + SiO_2 = CaSiO_3$$

생긴 광재 $CaSiO_3$은 녹아서 쇠물우에 떠서 겉면을 덮으므로 철이 산화되지 않게 한다. 웃부분으로는 $CaSiO_3$을 뽑아내고 아래부분으로는 선철을 뽑아낸다.

철광석으로부터 선철을 생산하는 공장이 제철소이다.

선철은 녹음점이 낮고 잘 흐르는 성질이 있어 주물품을 만드는데 쓴다. 약점은 충격을 주면 깨지는것이다.

산소열법에 의한 선철만들기

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 일찌기 우리 나라에서 나오는 석탄으로 선철을 생산할데 대한 간곡한 가르치심을 주시였다.

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 위대한 수령 **김일성**대원수님의 유훈관철에로 과학자, 기술자들을 힘있게 불러일으키시여 산소열법에 의한 선철생산방법을 실현시켜주시였다.

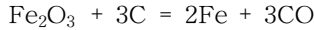
산소열법에 의한 선철만들기는 용해로에서 콕스대신 무연탄을 쓰고 산소를 불어넣어서 석탄이 탈 때 생기는 높은 열로 쇠돌을 녹여 철을 만드는 방법이다.

용해로는 용광로보다 작은 중형로이다.

잘게 바순 쇠돌, 석탄, 석회석을 일정한 비률로 섞어 로꼭대기에 있는 장입구로 넣고 로밑으로는 산소가 60% 들어있는 공기와 산소의 혼합기체를 일정한 압력으로 불어넣는다. 이때 로밑통의 온도는 1 500℃에 달한다.

용해로에서 진행되는 반응은 다음과 같다.

$$Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$$

$$Fe_3O_4 + 4C = 3Fe + 4CO$$

로밑통에 모인 쇠물을 일정한 시간간격으로 뽑아낸다. 쇠물우에는 용광로에서와 같이 슬라그층이 생긴다.

쇠돌과 석탄이 반응할 때 생기는 CO는 로의 중간아래부분에서 불어넣는 산소와 반응하여 CO_2로 되면서 많은 열을 낸다. 이 반응이 일어나는 부분의 온도는 1 600~1 800℃에 달하는데 이 열에 의해 장입물이 끓을 때 튀여올라오는 알갱이들이 활성화되여 반응이 빨리 일어나게 된다.

강철만들기

강철을 만드는 원료는 선철, 삼화철, 파철이다. 선철에는 탄소와 함께 린 P, 규소 Si가 들어있다. 이것을 없애기 위하여 산소를 불어넣어 산화물로 만들어 없앤다.

강철에는 탄소가 2%이하 들어있다.

제철소에서는 강철을 만들기 위하여 용광로에서 쇠물을 뽑아 전로(그림 3-7)에 넣고 산소를 불어넣어 탄소와 다른 불순물들을 산화시켜 강철을 만든다.

$$2\overset{0}{Fe} + O_2 = 2\overset{+2}{Fe}O$$

$$\overset{0}{C} + 2\overset{+2}{Fe}O = 2\overset{0}{Fe} + \overset{+4}{C}O_2 \uparrow$$

$$2\overset{0}{P} + 5\overset{+2}{Fe}O = 5\overset{0}{Fe} + \overset{+5}{P_2}O_5 \uparrow$$

$$\overset{0}{Si} + 2\overset{+2}{Fe}O = 2\overset{0}{Fe} + \overset{+4}{Si}O_2$$

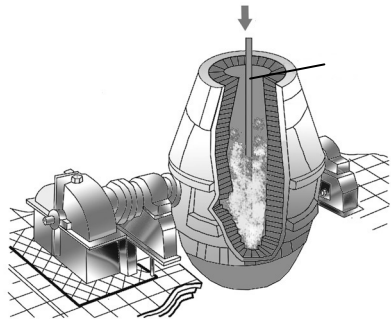
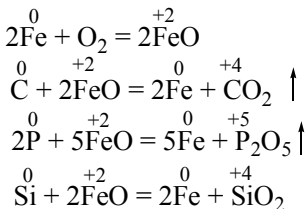



그림 3-7. 전로

생겨난 SiO_2을 없애기 위하여 석회석가루를 조금씩 넣어준다. 그러면 $CaSiO_3$이 생겨 쇠물우에 뜬다.

전로법은 연료를 따로 쓰지 않고 짧은 시간에 강철을 만드는 우점이 있는 반면에 제품의 질이 낮은 부족점이 있다.

평로법에서는 평로(그림 3-8)에 선철과 함께 파철을 넣고 산화제로서 쇠돌을 넣으며 그우로 뜨거운 연료가스와 공기를 섞어서 불어넣어 태운다. 가스의 불길에 의하여 선철과 파철이 녹으며 반응이 일어나면서 강철이 얻어진다.

평로법은 강철의 질이 높고 파철을 써서 강철을 얻는다는 우점이 있는 반면에 시간이 오래 걸리고 연료가 많이 소비되는 결함이 있다.

전기로법에서는 전기에네르기로 반응에 필요한 높은 열을 얻는다.

전기로(그림 3-9)에 선철과 파철을 넣고 산화제로 쇠돌을 넣은 다음 전기로 녹이면 반응이 일어나면서 강철이 얻어진다.

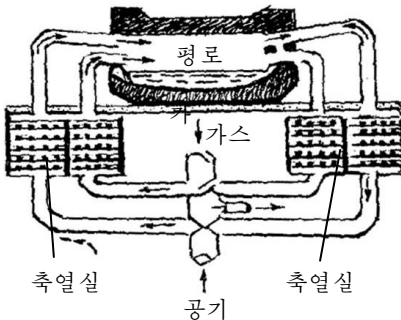
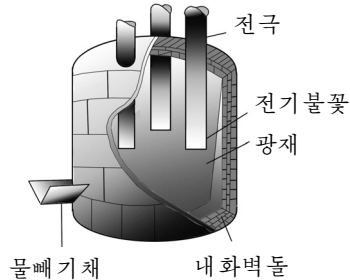



그림 3-8. 평로　　　그림 3-9. 전기로

전기로법에서는 전기로 온도를 마음대로 조절할수 있으며 질좋은 강철을 얻어낼수 있을뿐아니라 여러가지 금속을 넣어 특수강도 뽑는다.

우리 나라에서는 위대한 수령님과 위대한 장군님의 현명한 령도에 의하여 주체철생산체계를 완성하는 커다란 승리를 이룩하였다.

우리 식의 제철제강법은 콕스를 전혀 쓰지 않으면서 에네르기소비를 대폭 낮추고 제강시간을 훨씬 줄일수 있을뿐아니라 막대한 로력과 생산면적, 설비와 자금을 절약하는 등 그 경제적실리가 참으로 크다.

초고전력에 의한 강철생산

위대한 령도자 **김정일**대원수님의 과학기술중시로선을 높이 받들고 우리 나라의 과학자, 기술자들은 선진적인 제강방법인 초고전력에 의한 강철생산체계를 우리 식으로 확립하는 성과를 이룩하였다.

이 체계에서 기본은 초고전력전기로이다.

전기로는 투입되는 전력에 따라 일반전기로와 고전력전기로, 초고전력전기로로 나눈다.

초고전력전기로는 로에 투입되는 전력량이 가장 큰 전기로이다. 지금까지 강철공업에서 많이 써온 일반전기로에 비하여 투입전력량이 약 2배나 크다.

초고전력전기로는 일반전기로에 비하여 경제적으로 좋은 점이 많다.

① 제강시간을 훨씬 줄인다. 일반전기로에서는 제강시간이 8~10h 걸리지만 초고전력전기로에서는 1~1.5h밖에 안 걸린다.

② 전력과 전극, 내화물소비가 매우 적다. 일반전기로에 비하여 강철 t당 전력소비는 50%, 전극과 내화물소비는 30%정도밖에 되지 않는다.

결과 초고전력에 의한 강철생산체계에서는 전기로에 들어간 원료가 빠른 시간안에 압연강재로 되여 나온다. 그러므로 일반전기로에 비하여 10배이상의 생산속도를 낼수 있다.

③ 생산되는 강철의 질을 훨씬 높일수 있을뿐아니라 강종의 품종에 제한이 없다.

문 제

1. 숯을 써서 철을 생산하면 질이 좋은 철이 얻어진다. 그런데 환원제로 탄을 리용하는것은 무엇때문인가?

2. 강철을 만드는데 파철을 쓰면 어떤 좋은 점이 있는가?

3. 철 10^5t을 생산하자면 품위가 60%인 자철광 몇t이 필요하며 이때 95%품위의 석탄은 얼마나 들겠는가?(답. $2.3 \cdot 10^5$t, $1.5 \cdot 10^4$t)

4. 선철과 강철생산에서 원리적으로 다른 점은 무엇인가?

제6절. 반응열

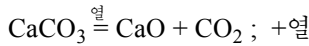
화학반응에서의 열효과

화학반응이 일어날 때에는 새로운 물질이 생기는것과 함께 에네르기가 나든다.

석탄이 탈 때에는 많은 열을 내면서 반응이 일어난다.

$$C + O_2 = CO_2\ ;\quad -\text{열}$$

건설장과 농촌에서 많이 리용하는 생석회 CaO를 만들자면 석회석 $CaCO_3$을 구워야 한다. 이때에는 많은 열을 주어야만 분해반응이 일어난다.

$$CaCO_3 \overset{\text{열}}{=} CaO + CO_2\ ;\ +\text{열}$$

여기서 –부호는 열이 나온다는것, +부호는 열을 받아들인다는것을 말한다.

열을 내보내는 반응을 **발열반응**이라고 부르며 열을 받아들이는 반응을 **흡열반응**이라고 부른다. 화학반응에서 내보내거나 받아들이는 열을 통털어 **반응열**이라고 부른다.

(?) 열을 내보내거나 받아들이는 과정을 곧 화학반응이라고 말할수 있는가?

화학반응에서 왜 열을 내보내거나 받아들이는가.

모든 물질들은 에네르기를 가지고있으며 그 크기는 서로 다르다. 반응물들이 가지고있는 에네르기합이 생성물들이 가지고있는 에네르기합보다 크면 그 차만 한 에네르기를 열형태로 밖으로 내보낸다.

반대로 반응물들이 가지고있는 에네르기합이 생성물들이 가지고있는 에네르기합보다 작으면 그 차만 한 열을 받아들인다.

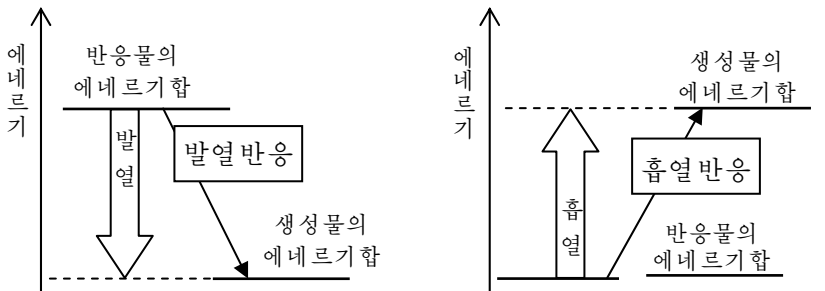



그림 3-10. 발열반응과 흡열반응

물질 1mol이 가지고있는 에네르기를 열함수(H)라고 부른다.

례를 들어 빨갛게 단 탄층에 수증기를 불어넣을 때 일어나는 수성가스의 형성반응 $C+H_2O=CO+H_2$에서는 131kJ의 열을 받아들인다.

석탄의 연소반응 $C+O_2=CO_2$에서는 394kJ의 열이 난다.

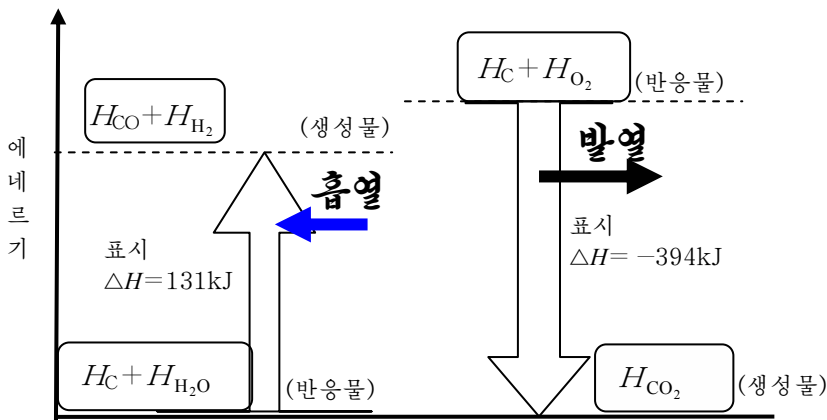



그림 3-11. 화학반응에서의 열

? 물질마다 가지고있는 에네르기(열함수)가 다른것은 물질의 물질량이 서로 다르기때문인가?

물질의 에네르기와 열함수

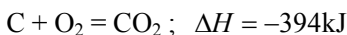
화학에서는 물체가 가지는 력학적에네르기(운동에네르기+자리에네르기)에 대해서는 관심을 가지지 않는다.

그런데 물질의 총에네르기는 력학적에네르기와 내부에네르기의 합으로 이루어진다.

내부에네르기는 물질자체와 관련된 에네르기로서 온도, 압력, 모임상태에 따라 달라진다. 이것을 고려하여 열함수로 나타낸다.

열화학방정식

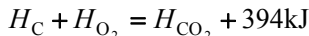
탄소(흑연)와 산소가 반응하여 탄산가스 1mol이 생길 때 나오는 열 394kJ을 화학방정식에 나타내면 다음과 같다.

$$C+O_2=CO_2\ ;\quad \Delta H=-394kJ$$

반응열을 함께 표시한 화학방정식을 열화학방정식이라고 부른다.

우의 화학반응에서 열화학방정식의 의미는 다음과 같다.

① 반응물인 탄소 1mol과 산소 1mol이 가지고있는 에네르기는 생성물인 탄산가스 1mol이 가지고있는 에네르기보다 394kJ만큼 크다는것을 나타낸다.

② 물질들의 변화과정에 에네르기가 보존된다는것을 나타낸다.

$$H_{C} + H_{O_2} = H_{CO_2} + 394kJ$$

물질의 상태와 반응열

물질은 모임상태에 따라 가지고있는 에네르기가 다르다.(그림 3-12)

례: $H_{물} - H_{얼음} = 6.1kJ$ $H_{수증기} - H_{물} = 44kJ$

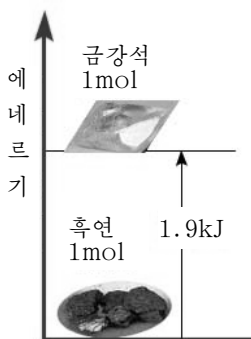
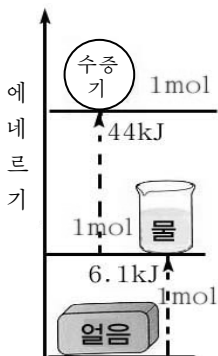
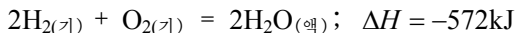



그림 3-12. 물의 상태변화와 열 그림 3-13. 탄소의 동소전환에네르기

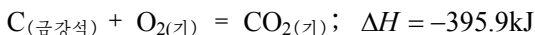
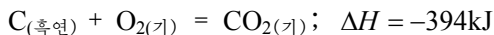
그러므로 반응열을 정확히 나타내자면 반응물과 생성물의 모임상태를 밝혀야 한다.

모임상태는 화학식의 오른쪽아래 ( )안에 밝힌다.

례: $2H_{2(기)} + O_{2(기)} = 2H_2O_{(기)}$; $\Delta H = -484kJ$

$2H_{2(기)} + O_{2(기)} = 2H_2O_{(액)}$; $\Delta H = -572kJ$

모임상태가 같은 경우라고 해도 동소체인 경우 물질의 이름을 밝혀야 한다.

실례로 흑연과 금강석은 서로 동소체이며 고체물질이지만 반응열에서는 차이가 난다.(그림 3-13)

$$C_{(흑연)} + O_{2(기)} = CO_{2(기)};\ \Delta H = -394\text{kJ}$$
$$C_{(금강석)} + O_{2(기)} = CO_{2(기)};\ \Delta H = -395.9\text{kJ}$$

탄소의 동소체

탄소의 동소체에서 중요한것은 금강석과 흑연이며 그밖에 카르빈, 폴레렌도 있다.

금강석결정은 4개의 이웃탄소원자들이 공간에 바른4면체모양으로 규칙적으로 배렬되여있는 원자결정이다. 따라서 금강석은 매우 굳고(자연계의 물질들가운데서 제일 굳다.) 녹음점(3 500℃)이 높으며 전기를 통과시키지 않는다. 그러므로 금강석은 유리칼, 탐사시추기를 만드는데 쓰인다.

흑연은 검은재빛의 윤기가 있고 손으로 만져보면 미끈미끈한 연한 고체이다. 그러므로 연필심, 윤활제를 만드는데 쓰인다.

흑연은 전기를 잘 통과시킨다. 따라서 전기로나 건전지의 전극으로 쓰인다.

숯, 그을음, 활성탄은 매우 잔 흑연결정으로 이루어져있다.

나무를 태워서 만든 숯은 잔 구멍이 많아 여러가지 물질을 잘 흡착한다.

활성탄은 숯을 높은 온도에서 수증기로 쪄내서 만든다. 그러므로 흡착하는 성질이 세다.

나무나 석유 등을 산소가 부족한데서 태우면 검은색의 그을음이 생긴다. 그을음은 먹, 인쇄잉크, 뼁끼, 구두약 등을 만드는데 쓰인다.

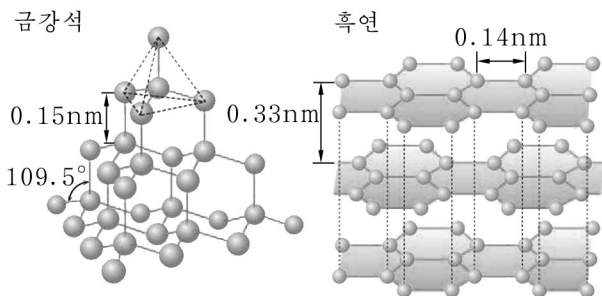



그림 3-14. 금강석, 흑연의 결정구조

열화학방정식을 리용하면 생산에서 제기되는 열량을 계산할수 있다.

례제 1: 메탄 1mol이 연소될 때 890.4kJ의 열이 나온다. 메탄 2 000L(표준조건)를 연소시킬 때 나오는 열량은 얼마이겠는가?

풀이: 조건. V=2000L

$\Delta H_1 = -890.4\text{kJ/mol}$

물음. ΔH_2?

계산. $n = \dfrac{V}{V_m} = \dfrac{\Delta H_2}{\Delta H_1}$ 이므로

$$\Delta H_2 = \frac{V}{V_m} \cdot \Delta H_1 = \frac{2000\text{L} \times (-890.4\text{kJ/mol})}{22.4\text{L/mol}} = -79500\text{kJ}$$

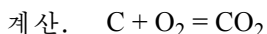
답. -79 500kJ

례제 2: 1g의 탄이 연소될 때 33kJ의 열이 난다. 열화학방정식을 써보아라.

풀이: 조건. m=1g

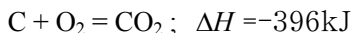
$\Delta H = -33\text{kJ}$

물음. ΔH?

계산. $C + O_2 = CO_2$

1g　　-33kJ

12g(1mol)　　ΔH

$$\Delta H = \frac{-33\text{kJ} \cdot 12\text{g}}{1\text{g}} = -396\text{kJ}$$

$C + O_2 = CO_2$; ΔH =-396kJ

연소열

물질 1mol이 충분한 산소속에서 연소될 때 내는 열을 그 물질의 연소열이라고 부르며 kJ/mol로 나타낸다.

례: 메탄의 연소열 890.4kJ/mol

나노립자와 연소방지제

나노립자는 효과적인 연소방지제이다.

실례로 로케트의 고체연료추진제에 약 1%의 나노알루미니움이나 나노니켈을 첨가하면 연료의 연소률을 2배 높일수 있다.

붕소-중크롬산암모니움나노분말은 폭약의 연소방조제로 될수 있다.

일부 나노재료는 연소를 방해하는 성질을 가진다.

실례로 나노산화안티몬을 쉽게 불타는 건축재료에 넣어주면 건축재료의 내화성을 높일수 있다.

문 제

1. 탄산칼시움 10g이 분해될 때 17.5kJ의 열을 받아들인다. 탄산칼시움의 분해반응을 열화학방정식으로 나타내여라.
2. 일산화탄소가 연소될 때의 연소열은 285kJ/mol이다. 이 반응을 열화학방정식으로 나타내여라.
3. 탄소가 90% 들어있는 무연탄을 완전히 연소시켜 5 000kJ의 열을 얻었다. 탄소가 100% 들어있는 탄 1mol을 연소시킬 때 394kJ의 열이 난다. 무연탄을 몇g 연소시켰는가?(답. 169.2g)
4. 수소 1kg이 연소되여 물이 생길 때와 흑연 1kg이 연소되여 이산화탄소가 생길 때 나오는 열량은 같은가 다른가? 그 리유는 무엇인가?
5. 메탄의 연소열은 890.4kJ/mol이며 수소의 연소열은 242kJ/mol이다. 메탄과 수소의 혼합물 11.2L(표준조건)를 연소시켰더니 315.4kJ의 열이 나왔다. 혼합물속에 들어있는 메탄과 수소의 물질량은 얼마인가?(답. 0.3mol, 0.2mol)
6. 흑연을 연소시키면 열과 빛이 나온다. 흑연의 연소열은 394kJ/mol이다. 여기에 빛에 해당한 에네르기도 포함되여있는가?

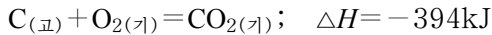
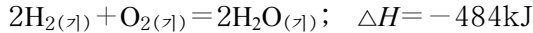
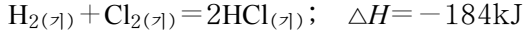
제7절. 헤쓰의 법칙

생성열

단순물로부터 화합물이 생기는 반응을 보자.

$H_{2(기)}+Cl_{2(기)}=2HCl_{(기)}$;　$\triangle H=-184kJ$

$2H_{2(기)}+O_{2(기)}=2H_2O_{(기)}$;　$\triangle H=-484kJ$

$C_{(고)}+O_{2(기)}=CO_{2(기)}$;　$\triangle H=-394kJ$

이 반응들에서 공통적인것은 생성물이 한가지인것이다. 이런 경우에는 반응열을 해당 생성물의 생성열로 바꿀수 있다. 그러나 반응결수에 따라 반응열값은 달라지므로 생성물 1mol에 해당한 반응열로 나타내면 서로 비교할수 있다.

단순물로부터 화합물 1mol이 생길 때의 반응열을 그 화합물의 생성열이라고 부른다.

표시: $\triangle H_{생}$
단위: kJ/mol

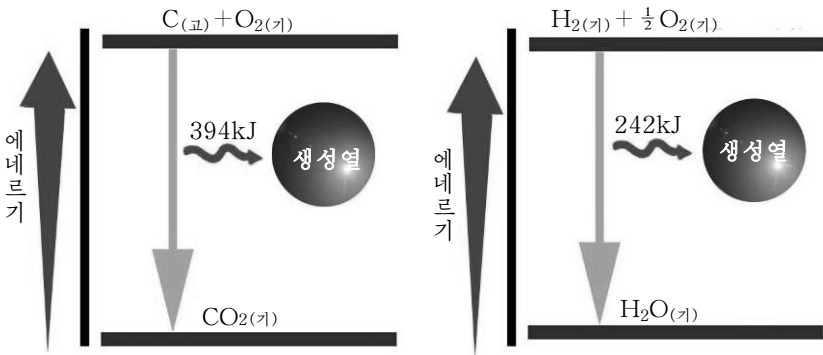



그림 3-15. CO_2과 H_2O의 생성열

물질의 생성열은 모임상태에 따라서도 달라진다.(표 3-1)

몇가지 물질의 생성열 표 3-1

물질	$\Delta H_{생}$ / kJ · mol⁻¹	물질	$\Delta H_{생}$ / kJ · mol⁻¹	물질	$\Delta H_{생}$ / kJ · mol⁻¹
$HF_{(기)}$	−269	$CO_{(기)}$	−111	$H_2SO_{4(액)}$	−811
$HCl_{(기)}$	−92	$CO_{2(기)}$	−394	$HNO_{3(액)}$	−173
$HBr_{(기)}$	−36	$SO_{2(기)}$	−297	$NaCl_{(고)}$	−411
$HI_{(기)}$	+26	$NH_{3(기)}$	−46	$NaOH_{(고)}$	−427
$H_2O_{(기)}$	−242	$CH_{4(기)}$	−75	$Ca(OH)_{2(고)}$	−986
$H_2O_{(액)}$	−286	$H_2S_{(기)}$	−20	$Al_2O_{3(고)}$	−1 675

? 화합반응의 반응열을 반응결과 생긴 화합물의 생성열이라고 말할수 있겠는가?

표준생성열

물질이 가지는 에네르기가 온도와 압력에 따라 다르므로 물질의 생성열도 온도와 압력에 따라 달라진다. 표에 실린 생성열은 25℃ (298K), 0.1MPa이 표준조건으로 설정된것이다.

모든 단순물의 표준생성열은 령(0)으로 한다.

동소체가 있는 경우 가장 안정한 동소체를 기준으로 잡는다.

례: $C_{금강석} + O_2 = CO_2$; $\Delta H = -395.9$kJ (반응열)

$C_{흑연} + O_2 = CO_2$; $\Delta H = -394$kJ (반응열)

금강석보다 흑연이 1.9kJ 더 안정하므로 CO_2의 생성열은 $C_{흑연}$을 기준으로 하여 나타낸다.

즉 $\Delta H_{생,\ CO_2} = -394$kJ/mol

류황에서는 사방류황을 기준으로 잡고 표준생성열을 결정한다.

헤쓰의 법칙

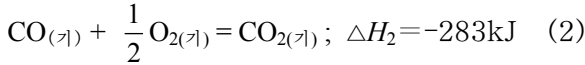
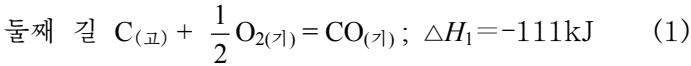
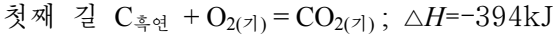
주어진 반응물로부터 생성물을 얻을 때 서로 다른 반응의 길을 거칠수 있다.

실례로 흑연을 연소시켜 이산화탄소를 얻을 때 두가지 길이 있

을수 있다.

첫째 길 $C_{흑연} + O_{2(기)} = CO_{2(기)}$; $\triangle H$=-394kJ

둘째 길 $C_{(고)} + \frac{1}{2}O_{2(기)} = CO_{(기)}$; $\triangle H_1$=-111kJ (1)

$CO_{(기)} + \frac{1}{2}O_{2(기)} = CO_{2(기)}$; $\triangle H_2$=-283kJ (2)

우의 자료를 통하여 반응의 둘째 길에서의 첫 단계와 둘째 단계의 반응열의 합 (-111kJ)+(-283kJ)=-394kJ은 반응의 첫째 길의 반응열 -394kJ과 같다는것을 알수 있다.

반응열은 반응이 어떤 길을 따라 일어나는가에 관계없이 처음상태와 마감상태가 같으면 언제나 같다. 이것을 헤쓰의 법칙(열량합일정의 법칙)이라고 부른다.

헤쓰의 법칙은 화학반응뿐아니라 물리적인 변화와 물질의 용해과정에도 적용된다.

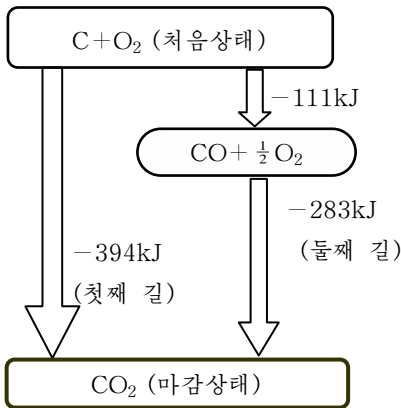



그림 3-16. CO_2이 생기는 반응의 길과 반응열

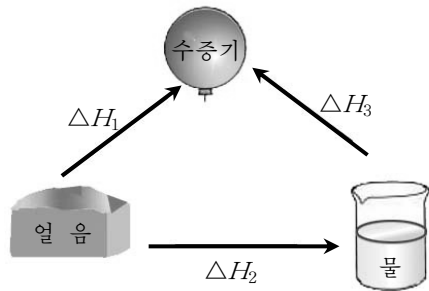



그림 3-17. 물의 상태변화와 열함수

례를 들면 얼음으로부터 직접 수증기로 전환되는 과정의 열함수변화를 계산할수 있다.(그림 3-17)

$$\Delta H_{1(얼음 \to 수증기)} = \Delta H_{2(얼음 \to 물)} + \Delta H_{3(물 \to 수증기)}$$

ΔH_1 =6.1kJ+44kJ=50.1kJ

헤 쓰

헤쓰(1802-1850)는 화학자이며 열화학창시자들중의 한사람이다. 헤쓰는 여러가지 화학반응의 반응열을 정밀하게 측정하는 실험을 꾸준히 진행함으로써 1840년에 헤쓰의 법칙(열량합일정의 법칙)을 발견하였다.

생성열에 의한 반응열계산

흔히 반응열은 물질의 생성열을 리용하여서도 계산할수 있다.
빨갛게 단 탄층에 수증기를 불어넣을 때의 반응열을 계산해보자.

$$C_{(고)} + H_2O_{(기)} = CO_{(기)} + H_{2(기)}$$

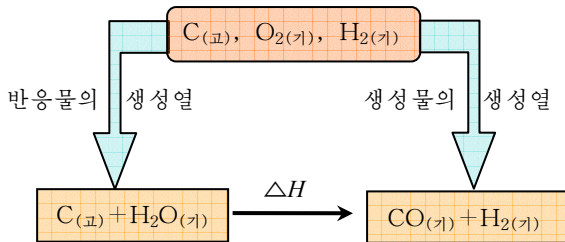



그림 3-18. 생성열에 의한 반응열계산

헤쓰의 법칙에 의하여

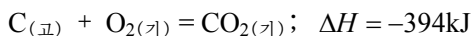
$$\Delta H_{생,\ H_2O} + \Delta H = \Delta H_{생,\ CO}$$ 이므로

반응열은 $\Delta H = \Delta H_{생,\ CO} - \Delta H_{생,\ H_2O} = -111\text{kJ} - (-242\text{kJ}) = 131\text{kJ}$ 이다.

이로부터 반응열을 구하는 식은 다음과 같이 일반화할수 있다.

반응열 = 생성물들의 생성열합 - 반응물들의 생성열합

반응열을 알면 반응이 계속 일어날수 있겠는가를 계산할수 있다.
우의 반응은 흡열반응이다. 이 반응이 계속 일어나게 하자면 석탄이 연소되는 발열반응을 함께 일으켜야 한다.

$$C_{(고)} + O_{2(기)} = CO_{2(기)};\quad \Delta H = -394\text{kJ}$$

두 반응의 반응열비를 보면 131kJ:394kJ≈1:3으로 된다. 그러므로 $H_2O:O_2$=3:1의 비률로 섞어 넣어주면 반응은 계속 일어난다.

문 제

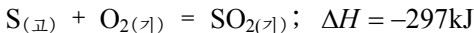
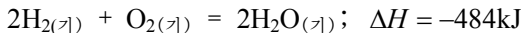
1. 수소가 연소되여 물이 생길 때 수소를 몇mol 연소시켜야 9 620kJ의 열을 얻을수 있겠는가?(답. 33.6mol)
2. 수소와 산소가 반응하여 수증기가 생긴다.
   다음 물음에 대답하여라.
   ㄱ) 이 반응을 열화학방정식으로 나타내여라.
   ㄴ) 수소의 연소열은 얼마인가?
   ㄷ) 9g의 수증기가 생겼다면 이때 얼마만한 열이 생겼겠는가?
   (답. -121kJ)
3. 11.16g의 철이 류황과 화합할 때 19kJ의 열이 난다.
   류화철의 생성열을 계산하여라.(답. -95kJ/mol)
4. 생성열의 값에 기초하여 반응 $SO_2 + O_2 = SO_3$의 열화학방정식을 나타내여라.

$$\Delta H_{생,\,SO_2} = -297\text{kJ/mol}\,,\quad \Delta H_{생,\,SO_3} = -395.2\text{kJ/mol}$$

5. 다음의 열화학방정식을 리용하여 반응 $H_2S = H_2 + S$의 반응열을 계산하여라.

$$2H_{2(기)} + O_{2(기)} = 2H_2O_{(기)};\quad \Delta H = -484\text{kJ}$$

$$S_{(고)} + O_{2(기)} = SO_{2(기)};\quad \Delta H = -297\text{kJ}$$

$$2H_2S + 3O_{2(기)} = 2SO_{2(기)} + 2H_2O_{(기)};\quad \Delta H = -1\,038\text{kJ}$$

(답. 20kJ)

제8절. 마그네샤크링카

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리 나라에 마그네사이트가 굉장히 많은데 그것은 야금공업을 발전시키기 위하여 없어서는 안될 매우 귀중한 내화재료입니다.》

우리 나라에는 마그네샤크링카의 원료인 마그네사이트($MgCO_3$)가 대단히 많이 매장되여있다.

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 마그네사이트가 많이 매장되여있는 산을 가리켜 《백금산》이라고 하시였다.

마그네사이트는 야금공업을 발전시키기 위하여 없어서는 안될 매우 귀중한 내화재료이다.

위대한 수령 **김일성**대원수님과 위대한 령도자 **김정일**대원수님의 현명한 령도에 의하여 오늘 마그네사이트는 나라의 부강발전에 적극 이바지하는 귀중한 밑천으로 되고있다.

마그네샤크링카(기본성분 MgO)는 $MgCO_3$을 높은 온도에서 분해시켜 만든다.

$$MgCO_3 = MgO + CO_2\uparrow;\quad \Delta H = 104\text{kJ}$$

마그네사이트를 1 000℃아래에서 구워낸것을 경소마그네샤라고 부르며 1 700℃이상에서 얻어진 녹아붙은 산화마그네시움을 마그네샤크링카라고 부른다.

경소마그네샤는 물에 적게 용해되지만 마그네샤크링카는 2 000℃이상의 높은 온도에서도 녹지 않으며 물에도 용해되지 않고 산과도 작용하지 않는다. 이 크링카의 녹음점은 2 800℃이다.

마그네샤크링카는 수직로 또는 회전로(그림 3-19)에서 만든다.

수직로는 생석회를 만드는 석회로와 비슷하다.

회전로는 길고 둥근 강철통이며 이 통안에 내화벽돌이 안붙임되여있다. 회전로는 약간 경사져있고 천천히 돌아간다.

원료인 마그네사이트는 로의 뒤부분으로부터 들어가 분해되면서 앞으로 나오고 연료(석탄, 콕스)는 로의 앞부분에서 불어넣으면서 연소시킨다. 이때 생긴 뜨거운 페가스는 새로 들어오는 찬 광석을 덥혀주면서 로의 뒤부분으로 나간다. 회전로에서는 수직로에서

쓸수 없는 가루상태의 광석도 전부 쓸수 있다.

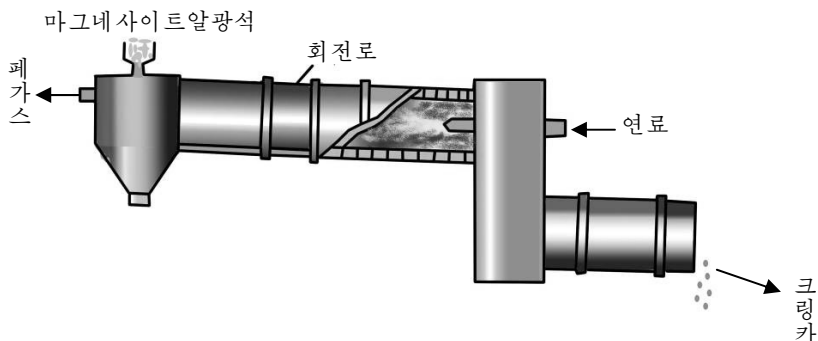



그림 3-19. 마그네샤크링카를 만드는 회전로

이렇게 만든 마그네샤크링카는 2 000℃이상의 높은 온도에서도 녹지 않고 잘 견디므로 야금공업에서 귀중한 내화재료로 쓰인다.

위대한 령도자 **김정일**대원수님의 현명한 령도에 의하여 오늘 우리 나라에서는 콕스를 전혀 쓰지 않고 우리 나라에 무진장한 무연탄으로 질좋은 마그네샤크링카와 경소마그네샤를 많이 생산해내게 되였다.

우리 나라에는 고질마그네샤크링카를 생산하는 전기용융법에 의한 마그네샤크링카생산공정이 꾸려졌다.

전기용융법은 전기로에서 마그네사이트광석을 열분해시키고 용융시켜 크링카를 만드는 방법이다.

이 방법에서는 콕스나 중유를 태워서 얻은 열로 광석을 분해시키는 것이 아니라 전기에네르기로 분해시킨다.

그러므로 이 방법을 쓰면 콕스가 연소되여 생기는 재가 크링카에 섞여 질을 떨구는 현상을 없앨수 있고 또 높은 온도를 쉽게 보장할수 있으므로 생산공정이 단순해진다.

전기로에서 용융물을 뽑아내여 일정한 시간 식힌 다음 걸면에 붙어있는 불순물을 벗겨내고 분쇄하면 고질(99%이상)마그네샤크링카가 얻어진다.

문 제

1. 어떤 마그네샤크링카제품에는 MgO가 95% 들어있다. 이 크링카 100kg을 만들려면 $MgCO_3$이 96% 들어있는 마그네사이트가 얼마나 있어야 하는가?(답. 207.8kg)
2. $MgCO_3$이 94% 들어있는 마그네사이트 1t을 분해시키면 마그네샤크링카가 얼마나 얻어지겠는가? 광석에 들어있는 6%의 혼입물이 그대로 마그네샤크링카에 옮겨간다고 보고 계산하여라.
(답. 507.6kg)
3. 바다물에는 마그네시움이 $MgCl_2$형태로 용해되여있다. 이 물질로부터 MgO를 만드는 과정을 화학방정식으로 나타내여라.

제9절. 카바이드

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《화학공업을 발전시키는데서 가장 중요한것은 카바이드생산을 대대적으로 늘이는것입니다.》

카바이드는 비날론섬유, 모비론섬유, 염화비닐수지, 석회질소비료, 알콜, 초산과 같은 제품을 만드는 기본원료이다.

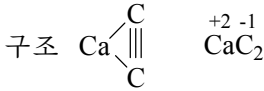
위대한 수령님께서는 일찌기 석회석과 무연탄이 많은 우리 나라에서는 카바이드를 생산하여 그것을 원료로 하는 화학공업을 발전시킬데 대한 방향을 밝혀주시였다.

위대한 수령님과 위대한 장군님의 현명한 령도에 의하여 우리나라에는 우리 식의 카바이드생산법에 기초한 자립적이며 현대적인 화학공업의 토대가 튼튼히 세워졌다.

카바이드의 구조와 성질

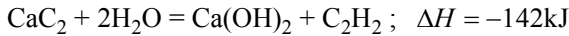
카바이드는 칼시움의 탄화물이다.

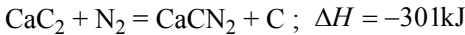
화학식 CaC_2

구조 $Ca\begin{smallmatrix}C\\|||\\C\end{smallmatrix}$ $\overset{+2}{Ca}\overset{-1}{C_2}$

? 카바이드의 구조식이 왜 우와 같이 되겠는가?

순수한 카바이드는 색이 없고 맑은 결정이지만 공업제품은 불순물이 있어 재빛을 띤다. 카바이드의 밀도는 2.2g/cm^{3}이고 녹음점은 2 300℃이다.

카바이드는 물과 반응하여 아세틸렌을 만든다.

$$CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + \underset{\text{아세틸렌}}{C_2H_2}\ ;\quad \Delta H = -142kJ$$

카바이드를 가루내여 900℃이상에서 질소와 작용시키면 석회질소비료가 얻어진다.

$$CaC_2 + N_2 = \underset{\text{석회질소}}{CaCN_2} + C\ ;\quad \Delta H = -301kJ$$

카바이드만들기

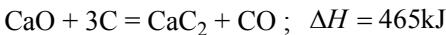
카바이드의 원료는 석회석과 무연탄이다.

먼저 석회로에서 석회석을 분해시켜 생석회를 만든다. 석회석을 분해시키는데 필요한 열은 무연탄을 태워서 얻는다.

$$CaCO_3 = CaO + CO_2\ ;\quad \Delta H = 175kJ$$

석회석의 분해는 900℃이상에서 잘 일어난다.(그림 3-20)

카바이드는 생석회와 무연탄을 반응시켜 얻는다.

$$CaO + 3C = CaC_2 + CO\ ;\quad \Delta H = 465kJ$$

이 반응도 흡열반응이며 반응이 일어나자면 2 000℃이상으로 많은 열을

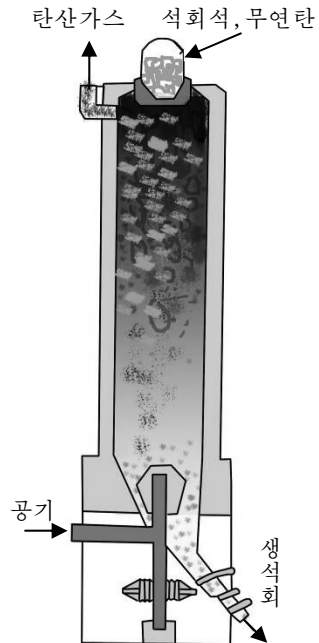



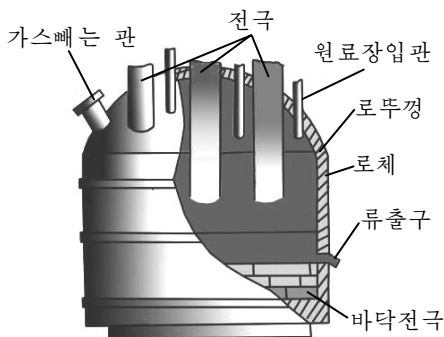
그림 3-20. 석회로

주어야 한다. 이 열은 전기에네르기를 써서 보장한다.(그림 3-21)

? 카바이드의 생성반응이 왜 흡열반응이겠는가?

그림 3-21. 카바이드전기로

전기로는 강철껍데기안에 내화벽돌을 쌓고 웃뚜껑을 막아 열이 새지 않게 하였다. 반응물의 혼합비률은 생석회:무연탄=10:7이며 3개의 전극을 꽂아 강철전기로에서처럼 호광열로 온도를 보장한다.

반응결과 녹은 카바이드는 로밑에 고이며 남비에 받아서 식힌다.

참고

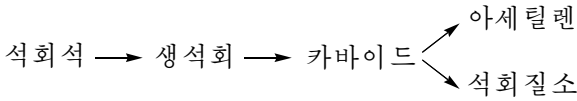
카바이드의 발견

한 사람이 생석회(기본성분 CaO)에 환원제인 석탄(기본성분 탄소 C)을 작용시켜 금속칼시움을 얻어내려는 생각을 하고 실패에 실패를 거듭하면서도 생석회와 석탄을 섞어 전기로에서 구워내는 작업을 계속하였다. 그는 기초실험을 통하여 금속칼시움을 만드는 원리와 방법을 옳게 파악하지 못한채 그것을 구워내기만 하면 금속칼시움이 얻어지리라고 믿었다. 그러나 전기로에서 구워낸것은 거무틱틱한 회색물질이였으며 칼시움은 아니였다.

보슬비 내리는 어느날 공장의 한 로동자가 뒤뜰에 쌓여있는 회색물질에 담배꽁초를 던지자 갑자기 불이 일어났다. 불을 끄려고 물을 뿌리면 불은 더 세차게 타번졌다. 모두 달라붙어 모래를 덮어서야 겨우 불을 껐다. 이 일이 있은 후 그 원인을 밝힘으로써 그것이 탄화물인 칼시움카바이드라는것을 알게 되였다.

문 제

1. 다음의 변화를 화학방정식으로 쓰라.

석회석 ⟶ 생석회 ⟶ 카바이드 ↗ 아세틸렌 / ↘ 석회질소

2. 카바이드덩어리를 공기속에 놓아두었더니 가루상태의 《재》가 생겼다. 생겨난 《재》는 무엇이며 어디에 쓸수 있는가?

3. CaC_2이 85% 들어있는 카바이드 1t을 만들려면 CaO가 92% 들어있는 생석회가 몇kg 필요한가?(답. 808.4kg)

장종합

산화환원반응. 반응물을 이루고있는 원소들의 산화수가 변하는반응

선철만들기에서 화학반응

$$3\overset{+3}{Fe_2}O_3 + CO = 2Fe_3O_4 + CO_2 \ (Fe_3O_4 = \overset{+3}{Fe_2}O_3 \cdot \overset{+2}{Fe}O)$$

$$Fe_3O_4 + CO = 3\overset{+2}{Fe}O + CO_2$$

$$\overset{+2}{Fe}O + CO = \overset{0}{Fe} + CO_2$$

강철만들기에서 화학반응

$$2\overset{0}{Fe} + \overset{0}{O_2} = 2\overset{+2\,-2}{FeO}$$

$$\overset{0}{C} + 2\overset{+2}{Fe}O = 2\overset{0}{Fe} + \overset{+4}{C}O_2 \uparrow$$

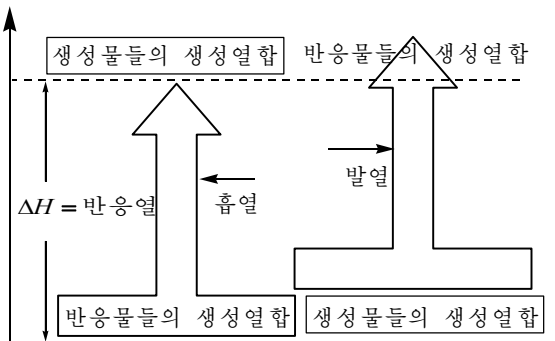
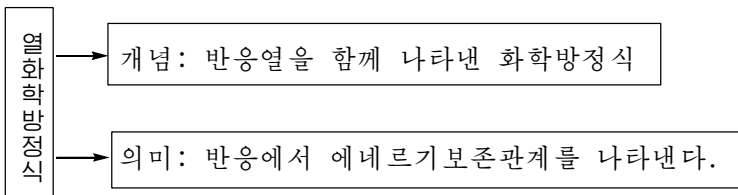
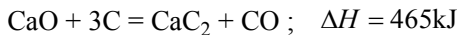
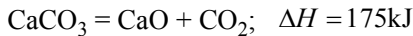
$$2\overset{0}{P} + 5\overset{+2}{Fe}O = 5\overset{0}{Fe} + \overset{+5}{P_2}O_5$$

$$\overset{0}{Si} + 2\overset{+2}{Fe}O = 2\overset{0}{Fe} + \overset{+4}{Si}O_2$$

반응열 ΔH	=	생성물들의 생성열합 (생성물들의 열함수합)	−	반응물들의 생성열합 (반응물들의 열함수합)

카바이드만들기

$$CaCO_3 = CaO + CO_2; \quad \Delta H = 175kJ$$

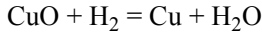
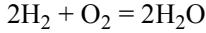
$$CaO + 3C = CaC_2 + CO; \quad \Delta H = 465kJ$$

복습문제

1. 아래의 물질들에서 질소의 산화수가 제일 작은 물질을 지적하여라.

N_2O, $MgNH_4PO_4$, N_2H_4, HNO_3

2. 다음의 화학방정식을 보고 아래의 물음에 대답하여라.

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

ㄱ) 원소들의 산화수와 전자의 이동을 표시하여라.

ㄴ) 전자를 내준 물질을 무엇이라고 하며 또 전자를 내준 상태에 대해서는 어떻게 부르는가?

ㄷ) 전자를 내주면서 반응에 참가하는 물질을 이루고있는 원소의 산화수는 커진다. 왜 그런가?

3. 다음의 반응들가운데서 산화환원반응을 가려내고 산화된 물질과 환원된 물질, 산화제와 환원제를 밝혀라.

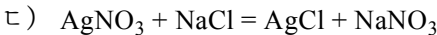
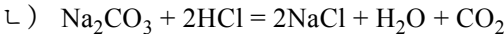
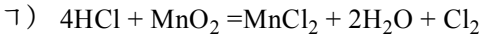
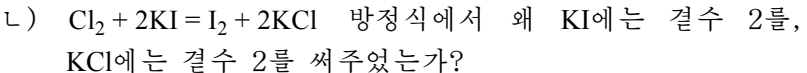
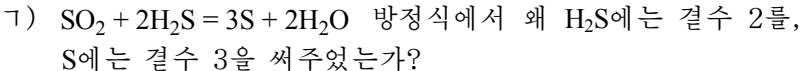
ㄱ) $4HCl + MnO_2 = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$

ㄴ) $Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2O + CO_2$

ㄷ) $AgNO_3 + NaCl = AgCl + NaNO_3$

4. 다음의 물음에 대답하여라.

ㄱ) $SO_2 + 2H_2S = 3S + 2H_2O$ 방정식에서 왜 H_2S에는 결수 2를, S에는 결수 3을 써주었는가?

ㄴ) $Cl_2 + 2KI = I_2 + 2KCl$ 방정식에서 왜 KI에는 결수 2를, KCl에는 결수 2를 써주었는가?

5. 어떤 물질은 왜 산화제로만 작용하고 어떤 물질은 왜 환원제로만 작용하는가를 레들어 설명하여라.

6. 아래의 물질들가운데서 산화제, 환원제로 작용할수 있는것을 찾고 그것들사이의 반응을 화학방정식으로 나타내여라.

NaCl, Cl_2, H_2SO_4, Al, H_2O, HCl

7. 어떤 강철쪼각 10g을 산소속에서 연소시켜 CO_2 0.3L를 얻었다.(표준조건) 이 강철에 탄소가 몇% 들어있는가?(답. 1.6%)

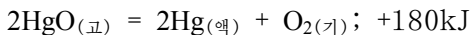
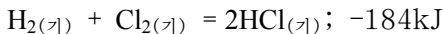
8. 화학방정식과 열화학방정식의 같은 점과 다른 점을 례들어 설명하여라.

9. 7g의 아세틸렌 C_2H_2을 연소시킬 때 탄산가스와 물이 생기며

이때 351.3kJ의 열이 난다. 이 반응을 열화학방정식으로 나타내여라.

10. 다음의 열화학방정식을 보고 아래의 물음에 대답하여라.

$$H_{2(기)} + Cl_{2(기)} = 2HCl_{(기)};\ -184kJ$$

$$2HgO_{(고)} = 2Hg_{(액)} + O_{2(기)};\ +180kJ$$

ㄱ) 발열반응과 흡열반응을 가르고 그 까닭을 설명하여라.

ㄴ) 우의 반응들에서 반응열은 얼마이며 반응열을 왜 내보내거나 받아들이게 되는가를 설명하여라.

11. 다음의 내용을 열화학방정식으로 나타내여라.

ㄱ) 마그네시움 2.4g을 완전히 태우면 61.3kJ의 열이 나온다.

ㄴ) 1mol/L 염산용액 0.5L와 0.5mol/L 수산화나트리움용액 1L를 혼합하면 5.74kJ의 열이 나온다.

12. 삼산화류황과 물이 반응할 때 89.1kJ/mol의 열이 나온다. 삼산화류황 5.5mol이 물과 반응할 때 생긴 열로 18℃의 물 100kg을 몇℃까지 올릴수 있겠는가? 물의 비열은 4.18kJ/(kg・℃)이다.

(답. 19.2℃)

13. 2.8g의 일산화탄소가 산화되여 이산화탄소로 될 때 28.5kJ의 열을 낸다. 이산화탄소 1mol이 생길 때 반응열은 얼마인가?

(답. -285kJ)

14. 탄산칼시움의 분해열은 175kJ/mol이다. 석회로에서 탄의 연소열을 모두 $CaCO_3$을 분해시키는데 리용한다면 $CaCO_3$과 C를 어떤 비률로 섞어야 하겠는가? 만일 무연탄의 품위가 90%이고 석회로에서 무연탄이 70% 연소된다면 $CaCO_3$과 무연탄을 어떤 비률로 섞어야 하겠는가?(답. 18.8:1, 11.8:1)

15. 수소와 산소가 2:1의 체적비로 섞인 혼합기체(폭명가스) 28.8g을 폭발시켰다.

① 열화학방정식으로 나타내여라.

② 생성물의 질량은 얼마인가?(답. 28.8g)

제4장. 탄화수소

가정에서 밥을 지을 때 쓰는 석유나 가정용가스, 자동차, 뜨락또르의 연료로 쓰는 휘발유와 디젤유는 어떤 물질인가.

그것은 탄소원소와 수소원소만으로 이루어진 탄화수소이다.

옷이나 신발, 비옷, 물감, 의약품을 비롯하여 우리 생활에서 없어서는 안될 여러가지 제품들은 탄화수소로부터 만들어진다.

탄화수소와 탄화수소의 유도체를 통털어서 유기화합물(또는 유기물질)이라고 부른다.

제1절. 전자구름과 공유결합

원자안에 있는 전자의 운동상태와 전자구름

매우 작은 알갱이인 전자의 운동은 날아가는 총알이나 포탄의 운동과는 달리 어떤 정해진 길을 따르는 운동이 아니며 주어진 순간에 그것의 자리에 대하여서도 알수 없다.

그러나 전자는 핵의 끌힘을 받으면서 원자핵주위의 일정한 공간에서 운동하기때문에 그것이 나타날 자리를 생각할수는 있다.(그림 4-1)

전자가 나타날수 있는 모든 자리를 점으로 찍어보면 마치도 하늘에 떠있는 구름처럼 보인다.

이와 같이 전자가 나타날수 있는 자리를 수많은 점으로 나타낸것을 전자구름이라고 부른다.

전자구름은 질은 곳도 있고 연한 곳도 있다. 전자구름이 질은데는 전자가 자주 있게 되는 곳이고 연한데는 전자가 드물게 있게 되는 곳이다.

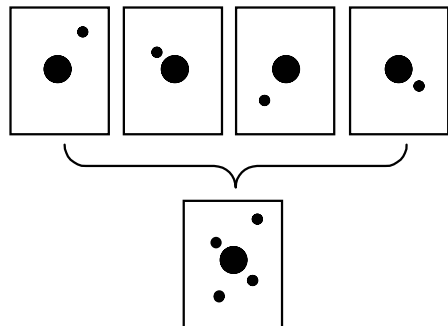



그림 4-1. 수소원자에서 전자가 나타날 자리를 4번 생각한 그림

Ⓧ 그림 4-2에서 원자핵으로부터 멀어질수록 수소원자의 전자구름은 질어지는가 연해지는가?

수소원자의 전자구름을 보면 핵가까이에서 전자가 나타날 가능성이 크다.

Ⓧ 수소원자의 전자구름은 어떤 모양을 가지는가?

전자구름에는 여러가지 모양이 있다.

공모양의 전자구름을 *s*전자구름, 아령모양의 전자구름을 *p*전자구름이라고 부른다.

수소원자의 전자와 같이 *K*전자층에 있는 전자는 공모양의 *s*전자구름을 이룬다.

그림 4-2. 수소원자의 전자구름

같은 전자층에 속한 전자라고 하여 모두 꼭같은 모양의 전자구름을 이루는것이 아니다. *L*전자층에 있는 전자들은 공모양의 전자구름과 함께 아령모양의 *p*전자구름 3개를 더 만들어 모두 4개의 전자구름을 이룬다.(그림 4-3)

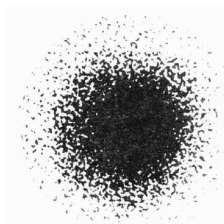
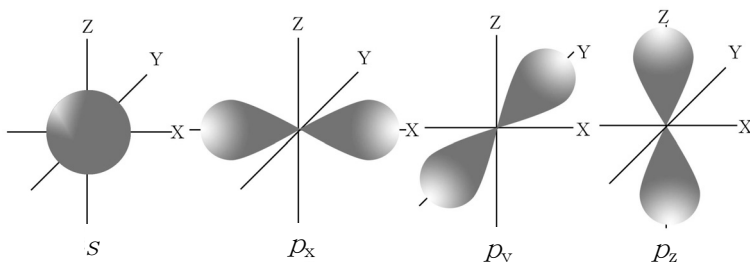
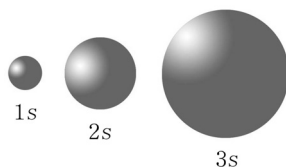



그림 4-3. *L*전자층의 전자구름

3개의 *p*전자구름은 서로 수직으로 놓여있다.

*K*전자층에 있는 1*s*전자구름과 *L*전자층에 있는 2*s*전자구름, *M*전자층에 있는 3*s*전자구름은 모양은 같지만 크기는 다르다.(그림 4-4)

그림 4-4. 1*s*, 2*s* 및 3*s* 전자구름

*p*전자구름들도 다 아령모양이지만

전자층에 따라 그 크기는 서로 다르다.

전자구름에는 이밖에도 s전자구름과 p 전자구름이 섞여져서 이루어진 락하산모양의 혼성전자구름도 있다.(그림 4-5)

그림 4-5. 혼성전자구름

공유결합, 시그마(σ)결합과 파이(π)결합

유기화합물의 구조에서 가장 특징적인 것은 원자들사이의 결합이 대체로 공유결합으로 이루어진것이다.

그러면 공유결합은 어떻게 이루어지는가.

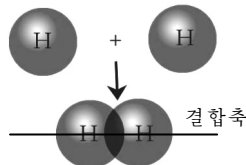
공유결합은 두 원자의 전자구름이 서로 겹치여 이루어진다.

H_2분자에서 공유결합이 이루어지는 과정을 보자.

두 수소원자가 결합하여 수소분자로 되는 과정은 두 수소원자의 $1s$전자구름이 서로 겹치여 홀전자가 쌍을 짓는 과정이다.(그림 4-6)

두 수소원자가 결합할 때 두 원자사이에는 끌힘(한 원자의 핵과 다른 원자의 전자사이)과 함께 밀힘(두 원자의 핵사이)이 작용하며 그것이 서로 비기는 거리에 머무르게 된다.

그림 4-6. H_2분자의 형성

공유결합을 이루는 힘은 겹친 전자구름(-전하)과 원자핵(+전하)사이의 정전기적끌힘이다.

구조식에서는 공유결합을 두 점을 찍은 공유전자쌍 혹은 짧은 선으로 나타낸다. 수소분자에서의 공유결합은 H:H 혹은 H-H로 표시할수 있다.

Cl_2분자에서는 2개의 $3p$전자구름들이 겹쳐져 공유결합이 이루어진다. 이때 2개의 $3p$전자구름은 두 염소원자의 핵을 잇는 선(결합축)우에서 겹쳐지게 된다.(그림 4-7)

그것은 이 결합축우에서 두 염소원자의 $3p$전자구름들이 가장 깊숙이 겹쳐지기때문이다.

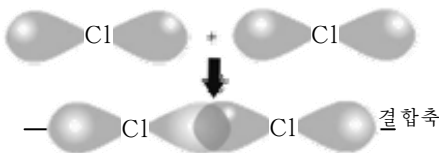



그림 4-7. Cl_2분자의 형성

ⓘ 전자구름들이 깊숙이 겹쳐질수록 결합이 든든하다. 왜 그런가?

두 원자핵을 잇는 결합축우에서 전자구름이 겹쳐져 이루어진 공유결합을 시그마(σ)결합이라고 부른다.

모든 단결합은 σ결합으로만 이루어진다.

ⓘ HCl분자는 H의 1s전자구름과 Cl의 3p전자구름이 겹쳐지면서 이루어진다. HCl분자가 이루어지는 과정을 그림으로 그려보아라.

질소분자에서는 결합이 어떻게 이루어지는가.

질소분자 N_2은 매우 안정한 분자이다.

질소원자 N은 최외전자층(L층)에 5개의 전자를 가지고있는데 2개의 전자는 s전자구름을, 3개의 홑전자들은 각각 $2p_x$, $2p_y$, $2p_z$전자구름을 이룬다.(그림 4-8)

2개의 $2p_x$전자구름들은 두 질소원자핵을 련결하는 축우에서 겹쳐져서 하나의 σ결합을 이룬다.(그림 4-9)

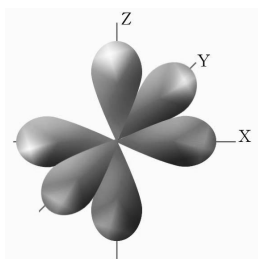



그림 4-8. 질소원자의 **2*P*** 전자구름

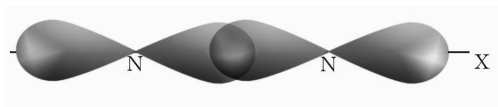



그림 4-9. 질소분자에서 σ결합의 형성(센 결합)

$2p_y$, $2p_z$전자구름들은 σ결합축에 서로 수직으로 놓여있다.

한 질소원자의 $2p_y$전자구름과 $2p_z$전자구름은 다른 질소원자의 $2p_y$전자구름, $2p_z$전자구름과 서로 평행인 상태에서 옆으로 각각 겹쳐진다.(그림 4-10)

σ결합축에 수직인 p전자구름들이 서로 옆으로 겹쳐지면서 이루어진 공유결합을 파이(π)결합이라고 부른다.

결국 N_2분자는 1개의 σ결합과 2개의 π결합 즉 3중결합으로

되여있다.(그림 4-11)

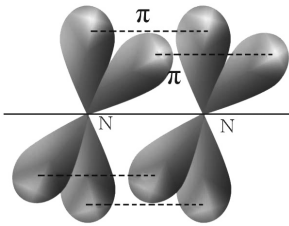



그림 4-10. 질소분자에서 π결합의 형성

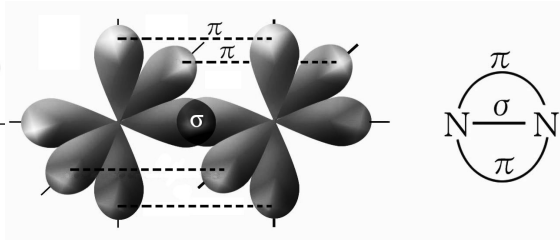



그림 4-11. 질소분자에서의 결합

σ결합과 π결합가운데서 어느것이 더 든든한가.

σ결합은 두 핵을 잇는 결합축우에서 전자구름들의 짙은 부분들이 깊숙이 겹쳐지면서 이루어진다. 그러므로 σ결합은 π결합보다 든든하다.

? 두 원자사이에 2개의 σ결합이 이루어질수 있겠는가? 왜 그런가?

2중결합과 3중결합에서 하나는 σ결합이고 나머지는 다 π결합이다.

문 제

1. 다음 문장들에서 옳은것을 선택하여라.

1) 전자는;

ㄱ) 핵주위에서 정해진 길을 따라 운동하고있다.

ㄴ) 정해진 길을 따라 운동하지 않는다.

2) 전자구름은;

ㄱ) 전자가 운동하는 정해진 자리길이다.

ㄴ) 전자가 나타날수 있는 자리들의 모임이다.

ㄷ) 하늘에 떠있는 구름처럼 아무렇게나 생겼다.

ㄹ) 일정한 모양을 가지고있다.

3) σ결합은;

ㄱ) s전자구름들이 겹칠 때 이루어진다.

ㄴ) p전자구름들이 겹칠 때 이루어진다.

ㄷ) *s*전자구름과 *p*전자구름이 겹칠 때 이루어진다.
ㄹ) *s*전자구름과 혼성전자구름이 겹칠 때 이루어진다.
ㅁ) 결합축에 수직이다.
ㅂ) 결합축우에 놓인다.

4) π결합은;
ㄱ) *s*전자구름들이 겹칠 때 이루어진다.
ㄴ) *p*전자구름들이 겹칠 때 이루어진다.
ㄷ) *s*전자구름과 *p*전자구름이 겹칠 때 이루어진다.
ㄹ) *s*전자구름과 혼성전자구름이 겹칠 때 이루어진다.
ㅁ) 결합축에 수직이다.
ㅂ) 결합축우에 놓인다.

2. 빈자리에 알맞는 말을 써넣어라.

1) 공모양의 전자구름은 ______전자구름이며 아령모양의 전자구름은 _____전자구름, 락하산모양의 전자구름은 ______전자구름이다.
2) σ결합이 π결합보다 든든한것은 ____때문이다.
3) N_2분자는 ___개의 σ결합과 ___개의 π결합을 가지고있다.
4) CO_2분자에는 ___개의 σ결합과 ___개의 π결합이 있다.

제2절. 메탄, 포화탄화수소

메탄 CH_4

늪이나 물웅덩이에서 이따금씩 기체방울이 떠오르는것을 볼수 있다. 이것은 늪밑에서 식물이 썩을 때 생겨난 메탄가스이다.(그림 4-12)

메탄은 농촌에서 연료문제를 해결하며 동시에 메탄을 생산하고 남은 찌끼는 질좋은 거름으로 된다.

메탄은 탄화수소가운데서 제일 간단한 물질이다. 메탄은 색과 냄새가 없고 공기보다 가벼우며(밀도

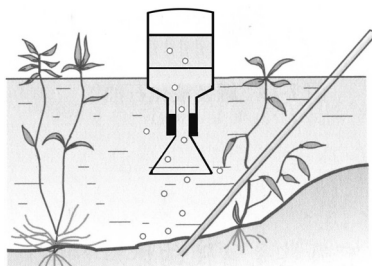



그림 4-12. 메탄포집

0.717g/L) 물에 잘 용해되지 않는 기체이다.

ⓘ 물리성질을 리용하여 늪에서 메탄가스를 어떻게 병에 포집할수 있는가?

참고 메탄의 존재

천연가스－기본성분이 메탄이며 그밖에 다른 탄화수소들도 들어있다.

늪에서 생기는 가스－늪바닥이나 썩은 물웅뎅이에서 나오는 가스이다.

갱가스－석탄이 천천히 분해될 때 메탄이 생겨난다. 즉 탄갱안에 존재하는 가스라는 의미에서 쓰는 말이다.

메탄분자에서 탄소원자는 4개의 수소원자와 σ결합을 이루고 있다.

H
•×
H ×• C •× H
×•
H

H
|
H—C—H
|
H

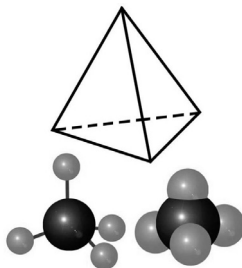
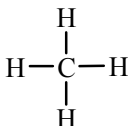
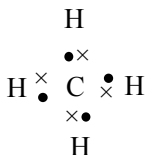



그림 4-13. 메탄분자의 구조모형

메탄분자는 바른4면체구조를 이룬다. 바른4면체의 중심에 탄소원자가 놓이고 수소원자들은 네 정점들에 하나씩 놓인다.(그림 4-13)

메탄분자는 바른4면체구조를 이루고있으므로 무극성이다.

메탄은 전기음성도가 비슷한 탄소(2.5)와 수소(2.1)사이에 든든한 σ결합을 하고있으므로 반응성이 매우 약하다.

보통조건에서 메탄은 많은 물질들과 반응하지 않는다. 실례로 센산(H_2SO_4), 센 염기($NaOH$)와 반응하지 않으며 과망간산칼리움과 같은 센 산화제에 의해서도 산화되지 않는다.

그러나 일정한 조건을 지어주면 화학반응을 일으킬수 있다.

메탄의 바른4면체구조

탄소원자의 1개의 2*s*전자구름과 3개의 2*p*전자구름이 섞어져 새로운 4개의 혼성전자구름을 만드는데 이것을 sp^3혼성전자구름이라고 부른다.

4개의 혼성전자구름들은 탄소원자핵을 중심으로 하여 바른4면체의 정점방향으로 놓여있으며 서로 109° 28′ 의 각을 이룬다.

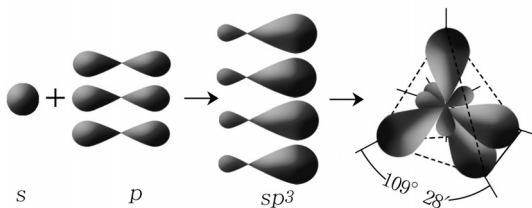



그림 4-14. sp^3혼성전자구름과 방향

매 sp^3혼성전자구름들에 각각 수소원자의 *s*전자구름이 겹쳐져 메탄분자를 이룬다.

그러므로 메탄은 바른4면체구조를 이룬다.

치환반응. 방온도에서 메탄은 염소와 반응하지 않으나 빛을 쪼여주면 반응한다.

그림 4-15와 같이 메탄과 염소의 혼합기체에 빛을 쪼이면 염소의 누런풀색이 없어지고 물기둥이 올라간다. 시험관벽에는 누런색의 기름방울이 생긴다.

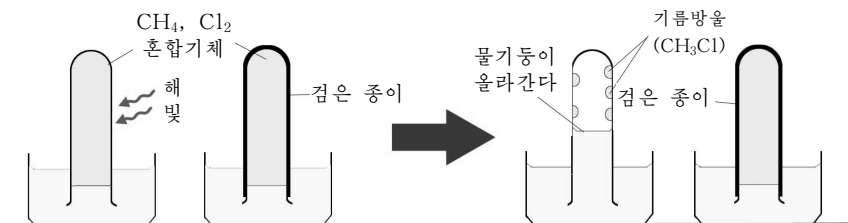
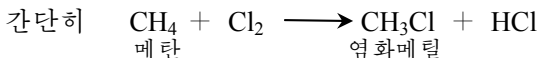
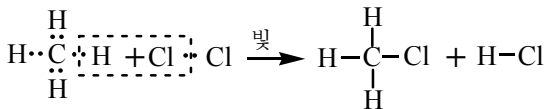



그림 4-15. 빛이 작용하는 조건에서 메탄과 염소의 반응

이 현상을 화학반응식으로 나타내면 다음과 같다.

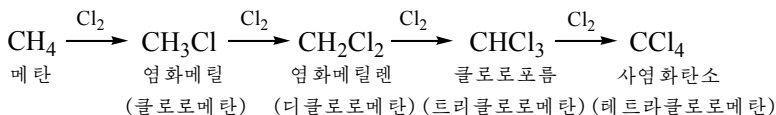
$$H\!:\!\underset{H}{\overset{H}{C}}\!:\!H + Cl\!:\!Cl \xrightarrow{\text{빛}} H-\underset{H}{\overset{H}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-Cl + H-Cl$$

간단히 $CH_4 + Cl_2 \longrightarrow CH_3Cl + HCl$
메탄 염화메틸

※ 메틸—메탄에서 수소원자 하나가 떨어진 나머지 원자단 즉 CH_3- 의 이름이다.

ⓘ 치환반응이란 무엇인가? 그림 4-15의 실험에서 물기둥이 올라가는것은 무엇때문인가?

메탄의 치환반응에서는 메탄분자의 수소원자 하나만 갈리우는 것이 아니라 4개까지 차례차례 갈리울수 있다.

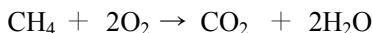
$$CH_4 \xrightarrow{Cl_2} CH_3Cl \xrightarrow{Cl_2} CH_2Cl_2 \xrightarrow{Cl_2} CHCl_3 \xrightarrow{Cl_2} CCl_4$$

메탄 염화메틸 (클로로메탄) 염화메틸렌 (디클로로메탄) 클로로포름 (트리클로로메탄) 사염화탄소 (테트라클로로메탄)

메탄의 염소화합물들은 모두 물에 용해되지 않는다. 클로로포름과 사염화탄소는 유기물질을 용해시키는 좋은 용매로 쓰이며 사염화탄소는 불을 끄는데 리용된다.

메탄은 염소뿐아니라 브롬과도 치환반응을 한다.

ⓘ 메탄과 브롬이 빛이 있는데서 반응하여 CH_3Br(브롬화메틸)이 생기는 반응을 화학반응식으로 나타내여라.

연소반응. 메탄은 공기속에서 쉽게 불탄다.

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$$

이때 많은 열(890kJ/mol)을 내므로 메탄은 농촌에서 가정용 연료로, 자동차, 뜨락또르의 연료로도 쓰인다.

주의

메탄 1체적과 산소 2체적이 섞인 혼합기체(공기중에 메탄이 5~15.4%(체적)정도 있을 때)는 불꽃에 의해서도 쉽게 폭발한다.

탄갱안에서 일어나는 가스폭발은 대다수 메탄가스에 의한것이다. 폭발사고를 막기 위해서는 반드시 통풍시켜야 하며 불꽃을 일으키지 말아야 한다.

참고 메탄가스만들기

박테리아는 적당한 온도에서 유기물질을 분해시켜 메탄을 만든다.

이것을 리용하여 협동농장이나 가정들에서 쉽게 메탄가스를 만들어 쓸수 있다.

메탄을 만드는 원료로는 집짐승배설물, 벼짚, 밀짚, 풀, 나무잎, 식당과 가정에서 나오는 뜨물, 식료공장페설물, 남새찌끼를 쓸수 있다.

이 원료를 벽돌이나 콩크리트로 만든 발효탕크에 넣고 물을 부은 다음 밀페한다.

이때 물질들이 분해되여 메탄가스가 생긴다. 메탄은 밀페된 탕크에서 발생되기때문에 남은 찌끼는 질좋은 비료로 된다. 왜냐하면 페설물에 들어있던 단백질이 분해되여 생긴 암모니아가 발효탕크의 물속에 용해되기 때문이다.

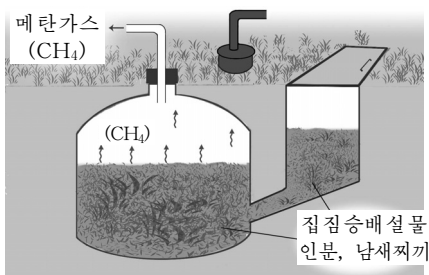



그림 4-16. 메탄가스만들기

발효탕크에서 생기는 메탄가스를 저장탕크에 저장하였다가 필요한 때에 가정용연료로 쓸수 있다.

포화탄화수소

메탄동족렬. 탄화수소가운데는 메탄과 구조가 비슷한것들이 아주

많다.

ⓘ 아래의 몇가지 탄화수소의 구조식과 그림 4-17에 나타낸 분자모형을 보고 구조에서 특징적인것이 무엇인지 찾아보아라.

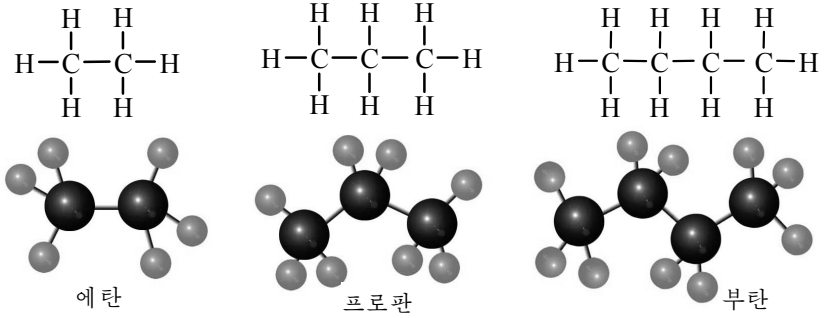



그림 4-17. 몇가지 탄화수소의 분자모형

이 탄화수소분자에서 탄소원자들사이에는 오직 단결합만이 있으며 나머지 원자가전자는 수소원자들과 결합한다. 그러므로 탄소의 원자가는 모두 《포화》되여있다.

탄소원자들사이에 단결합만으로 이루어진 탄화수소를 포화탄화수소라고 부른다.

메탄이나 에탄, 프로판, 부탄은 다 포화탄화수소이다.

포화탄화수소의 화학식은 여러가지 방법으로 쓸수 있다.(표 4-1)

포화탄화수소의 화학식 표 4-1

화학식	에탄	프로판	부탄
분자식	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}
점전자식	H H H:C:C:H H H	H H H H:C:C:C:H H H H	H H H H H:C:C:C:C:H H H H H
구조식	H H | | H−C−C−H | | H H	H H H | | | H−C−C−C−H | | | H H H	H H H H | | | | H−C−C−C−C−H | | | | H H H H
시성식	CH_3-CH_3	$CH_3-CH_2-CH_3$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$
	CH_3CH_3	$CH_3CH_2CH_3$	$CH_3CH_2CH_2CH_3$

참고 물질을 나타내는 식

분자식—물질의 조성을 원자의 종류와 개수로 나타낸 화학식

례: H_2O, CH_4

구조식—원자들사이의 공유결합 한개를 짧은 선으로 나타낸 화학식

시성식—원자나 원자단의 결합차례를 부분적으로 나타낸 화학식

포화탄화수소는 메탄으로부터 시작하여 탄소원자수가 하나씩 늘어남에 따라 CH_2만큼씩 규칙적으로 늘어난다.

포화탄화수소의 일반식; C_nH_{2n+2}

여기서 n=1, 2, 3, …이다.

구조와 화학성질이 비슷하며 분자조성을 하나의 일반식으로 쓸수 있는 화합물들의 무리를 **동족렬**이라고 부르며 여기에 속하는 하나하나의 물질들을 **동족체**라고 부른다.

C_nH_{2n+2}의 일반식을 가지는 탄화수소들의 무리는 메탄동족렬이며 여기에 속한 메탄, 에탄, 프로판, 부탄과 같은 물질들은 메탄동족체들이다.

메탄동족렬에서 첫 네개 동족체의 이름은 각각 메탄, 에탄, 프로판, 부탄이라고 부르며 탄소가 5개인 동족체부터는 그리스수사에 받침 《ㄴ》을 붙여 부른다.(습관이름)

그리스수사 표 4-2

아라비아수자	그리스수사	아라비아수자	그리스수사
1	모노	11	운데카
2	디	12	도데카
3	트리	13	트리데카
4	테트라	14	테트라데카
5	펜타	15	펜타데카
6	헥사	16	헥사데카
7	헵타	17	헵타데카
8	옥타	18	옥타데카
9	노나	19	노나데카
10	데카	20	에이코자

포화탄화수소에서 수소원자 하나가 떨어진 원자단을 알킬기라고 부른다.

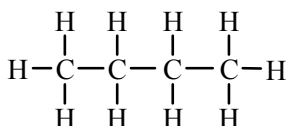
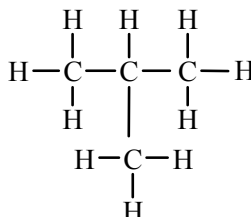
알킬기; $C_nH_{2n+1}-$ 간단히 R-

알킬기의 이름은 포화탄화수소의 이름에서 《안》 대신에 《일》을 붙여 부른다.

몇가지 알킬기의 이름　　　　　표 4-3

포화탄화수소(RH)		알킬기(R-)	
화학식	이름	화학식	이름
CH_4	메탄	CH_3-	메틸
CH_3-CH_3	에탄	CH_3CH_2-	에틸
$CH_3-CH_2-CH_3$	프로판	$CH_3CH_2CH_2-$	프로필

이성현상. 메탄, 에탄, 프로판의 구조는 각각 하나씩밖에 없지만 부탄은 두가지 구조를 가질수 있다.(그림 4-18)

```
   H  H  H  H            H   H   H
   |  |  |  |            |   |   |
 H-C--C--C--C-H        H-C---C---C-H
   |  |  |  |            |   |   |
   H  H  H  H            H   |   H
                           H-C-H
                             |
                             H
```

부탄(Ⅰ)　　　　　부탄(Ⅱ)

여기서 곧은 사슬로 된 부탄(Ⅰ)을 노르말부탄, 가지사슬로 된 부탄(Ⅱ)을 이소부탄이라고 부른다.

노르말부탄과 이소부탄은 다같이 C_4H_{10}의 분자식을 가지지만 끓음점을 비롯한 몇가지 성질은 좀 다르다.(그림 4-19)

그러므로 노르말부탄(n-부탄)과 이소부탄(i-부탄)은 서로 다른 물질이다.

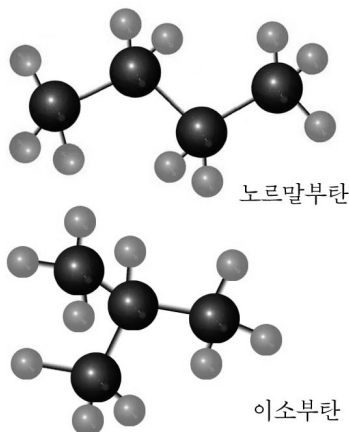



그림 4-18. 노르말부탄과 이소부탄의 공간모형

노르말부탄		이소부탄
(구조식)		(구조식)
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	몸질량은 같지만 체구와 성격은 다르다.	$H_3C-C(H)(CH_3)-CH_3$
$CH_3CH_2CH_2CH_3$		$CH_3CH(CH_3)CH_3$
끓음점 : −0.5℃		끓음점 : −11.7℃

그림 4-19. 부탄의 두 이성체

분자식은 같으나 구조가 다르며 따라서 성질이 다른 화합물을 서로 이성체라고 부르며 이성체가 나타나는 현상을 이성현상이라고 부른다.

n-부탄과 i-부탄은 서로 이성체이다.

포화탄화수소에서 탄소원자수가 증가함에 따라 이성체의 수도 증가한다.

포화탄화수소의 이성현상은 탄소사슬의 구조가 다르기때문에 나타나는 사슬이성현상이다.

례 1: 다음 구조를 가진 포화탄화수소의 일반이름을 부르라.

$$CH_3-\underset{CH_3}{CH}-CH_2-\overset{CH_3}{\underset{CH_3}{C}}-CH_2-CH_3$$

풀이. ① 가장 긴 탄소사슬을 찾고 번호를 붙인다.

$$\overset{1}{C}-\underset{C}{\overset{2}{C}}-\overset{3}{C}-\underset{C}{\overset{C}{\overset{4}{C}}}-\overset{5}{C}-\overset{6}{C}$$

ㄱ)

$$\overset{1}{C}-\underset{C}{\overset{2}{C}}-\overset{3}{C}-\underset{C}{\overset{\overset{5}{C}}{\overset{4}{C}}}-C-C$$

ㄴ)

```
              C
 6   5   4    |3   2   1
 C ― C ― C ― C ― C ― C
     |        |
     C        C
```

ㄷ)

```
                   C
     5   4    |3   2   1
 C ― C ― C ― C ― C ― C
     |6       |
     C        C
```

ㄹ)

```
              C
              |3   2   1
 C ― C ― C ― C ― C ― C
     |        |4
     C        C
```

ㅁ)

가장 긴 탄소사슬에 해당한 ㄱ), ㄷ), ㄹ)가운데서 ㄷ)와 ㄹ)는 같다.

여기서 곁가지가 있는 탄소원자가 될수록 작은 번호를 가지도록 한다.

그러므로 ㄱ)와 ㄷ)(ㄹ)에서 ㄱ)를 택한다.

즉 탄소수가 6개인 포화탄화수소이다.

② 탄소수가 6개인 포화탄화수소의 이름은 헥산이다.

③ 헥산의 2번, 4번 탄소원자에 각각 메틸기들이 있다.

2-메틸, 4-메틸, 4-메틸

④ 이름을 다음과 같이 써준다.

2,4,4-트리메틸헥산

이름의 의미: 헥산의 두번째 탄소, 네번째 탄소에 메틸기가 3개 결합되여있다.

유기화합물의 일반이름 쓰는 방법

결가지(치환기)나 2중결합(또는 3중결합)의 위치는 아라비아수자로 쓴다.

결가지(치환기)나 2중결합, 3중결합의 개수는 그리스수사로 쓴다.

아라비아수자들사이는 반점으로, 아라비아수자와 우리 글사이는 짧은 선으로 구분한다.

례: 2,2-디메틸-3-에틸헥산

례 2: 펜탄 C_5H_{12}에는 몇개의 이성체가 있는가? 구조식을 쓰고 일반이름으로 불러보아라.

풀이. 탄소사슬이 서로 다른 이성체가 3개 있다.

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ 펜탄

$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$ 2-메틸부탄

$CH_3-C(CH_3)_2-CH_3$ 2,2-디메틸프로판

? 표 4-4를 보고 포화탄화수소의 끓음점변화의 규칙성을 찾고 이것을 반데르왈스힘으로 설명하여라.

몇가지 포화탄화수소의 물리성질 표 4-4

이름	분자식	보통조건에서 모임상태	녹음점/℃	끓음점/℃	밀도/$g \cdot cm^{-3}$
메탄	CH_4	기체	-182.5	-161.5	—
에탄	C_2H_6	기체	-183.3	-88.6	—
프로판	C_3H_8	기체	-187.7	-42.1	—
부탄	C_4H_{10}	기체	-138.4	-0.5	—
펜탄	C_5H_{12}	액체	-130	36.1	0.626
헥산	C_6H_{14}	액체	-95	68.7	0.659
헵탄	C_7H_{16}	액체	-91	98.4	0.684
옥탄	C_8H_{18}	액체	-57	125.7	0.703
노난	C_9H_{20}	액체	-54	150.8	0.718
데칸	$C_{10}H_{22}$	액체	-30	174.1	0.730
헥사데칸	$C_{16}H_{34}$	액체	20.0	287.5	0.775
헵타데칸	$C_{17}H_{36}$	고체	22.0	303	0.777

? 포화탄화수소는 물에 용해되지 않는다. 왜 그런가? 액체 포화탄화수소는 물우에 뜨겠는가 가라앉겠는가?

포화탄화수소분자에서 C-C사이, C-H사이의 결합은 다 든든한 σ결합이다.

그러므로 메탄과 비슷하게 반응성은 매우 약하다.

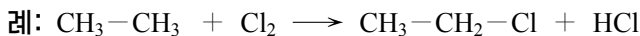
포화탄화수소의 안정성

3개의 시험관에 석유 또는 휘발유를 1mL씩 넣고 거기에 각각 류산, 가성소다, 파망간산칼리움용액을 2mL씩 넣는다.

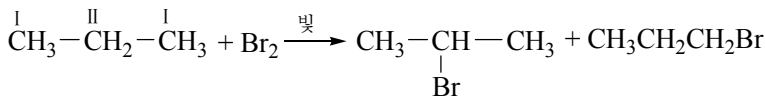
매 시험관에서 어떤 현상이 일어나는가?

그러나 빛을 쪼이거나 높은 온도(300℃이상)로 열을 주는 경우에는 반응을 일으킨다.

치환반응. 메탄과 마찬가지로 포화탄화수소는 할로겐(Cl_2, Br_2)과 반응하여 할로겐화합물을 만든다.

례: $CH_3-CH_3 + Cl_2 \longrightarrow CH_3-CH_2-Cl + HCl$

염화에틸

포화탄화수소의 치환반응은 급수가 높은 탄소원자에서 더 잘 일어난다.

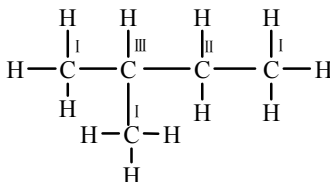
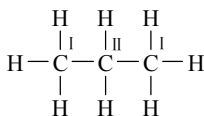
$$\overset{\mathrm{I}}{C}H_3-\overset{\mathrm{II}}{C}H_2-\overset{\mathrm{I}}{C}H_3 + Br_2 \xrightarrow{\text{빛}} CH_3-\underset{\underset{Br}{|}}{CH}-CH_3 + CH_3CH_2CH_2Br$$

2-브로모프로판 97% 1-브로모프로판 3%

탄소원자의 급수

탄소원자의 결합상태는 꼭같지 않다.

탄소원자의 결합상태는 매 탄소원자와 직접 결합된 탄소원자의 개수에 따라 1급, 2급, 3급, 4급 탄소원자로 가른다.(탄소원자의 급수는 로마수자로 나타낸다.)

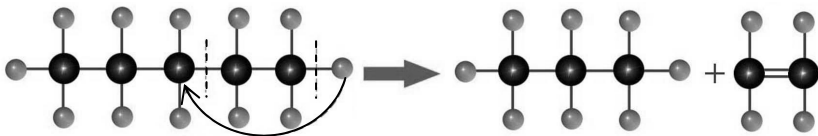
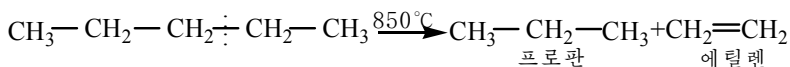
$$H-\underset{H}{\overset{H}{C^{\mathrm{I}}}}-\underset{H}{\overset{H}{C^{\mathrm{II}}}}-\underset{H}{\overset{H}{C^{\mathrm{I}}}}-H$$

$$H-\underset{H}{\overset{H}{C^{\mathrm{I}}}}-\underset{H-\overset{|}{C^{\mathrm{I}}}-H,\ H}{\overset{H}{C^{\mathrm{III}}}}-\underset{H}{\overset{H}{C^{\mathrm{II}}}}-\underset{H}{\overset{H}{C^{\mathrm{I}}}}-H$$

치환반응에 의하여 포화탄화수소로부터 여러가지 유기화합물을 얻을수 있다.

열분해. 포화탄화수소를 공기가 없는데서 높은 온도로 열을 주면 탄소사슬이 끊어지면서 분자량이 보다 작은 물질들로 분해된다.

그림 4-20. 포화탄화수소의 열분해

례:

$$CH_3-CH_2-CH_2\vdots CH_2-CH_3 \xrightarrow{850^\circ C} \underset{\text{프로판}}{CH_3-CH_2-CH_3} + \underset{\text{에틸렌}}{CH_2=CH_2}$$

포화탄화수소의 열분해는 원유를 가공하여 여러가지 유기합성원료와 연료를 만드는데서 중요하게 리용된다.

산화. 공기속에서 포화탄화수소는 모두 불타며 완전히 탈 때 CO_2과 H_2O로 된다. 이때 많은 열을 낸다.

? 프로판은 가정용연료가스의 기본성분이다. 프로판이 불타는 반응의 화학반응식을 쓰라.

포화탄화수소의 용도를 그림 4-21에 주었다.

그림 4-21. 포화탄화수소의 용도

문 제

1. 빈자리에 알맞는 말을 써넣어라.

   1) 메탄의 분자식은 ___, 점전자식은 ___, 구조식은 ___이다.

   2) 메탄이 물에 잘 용해되지 않는것은 메탄분자가 ___분자이기때문이다.

   3) 일반적으로 물질의 모임상태는 녹음점과 끓음점을 보고 판단할수 있다. 포화탄화수소에서 C_1-C_4까지는 끓음점이 방온도보다 낮으므로 ____이며 C_5-C_{16}까지는 ____이 방온도보다 낮고 ____이 방온도보다 높으므로 액체이다. 그리고 C_{17}이상은 ____이 방온도보다 높으므로 고체이다.

   4) 메탄의 염소화합물 즉 CH_3Cl, CH_2Cl_2, $CHCl_3$, CCl_4가운데서 무극성분자에 속하는것은 ____이다.

2. 아래의 내용에서 정확한것은 ( )이다.

① 탄화수소는 분자안에 탄소, 수소원자를 가지고있는 화합물이다.

② 탄화수소는 분자안에 탄소원자를 가지고있는 화합물이다.

③ 탄화수소는 탄소와 수소 2가지 원소로만 이루어진 화합물이다.

④ 프로판은 보통조건에서 염소, 브롬과 같은 할로겐과 반응한다.

⑤ 헥산은 공기중에서 850℃이상의 열을 받으면 분자량이 작은 물질들로 분해된다.

⑥ 메탄과 산소의 혼합물에 불꽃이 닿으면 폭발한다.

3. 동소체와 동족체, 이성체는 어떻게 다른가? 례를 들어 설명하여라.

4. 다음의 탄화수소들가운데서 어느것이 메탄동족체인가?

C_2H_4, C_3H_8, C_6H_6, C_8H_{18}, C_2H_2, $C_{12}H_{24}$

5. 다음의 구조식을 가진 물질들의 이름을 부르고 같은 물질과 이성체를 갈라내여라.

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$

$$\begin{array}{ccccccc} & & H & & H & & H & \\ & & | & & | & & | & \\ H & - & C & - & C & - & C & - & H \\ & & | & & | & & | & \\ & & H & & H & & H & \end{array}$$

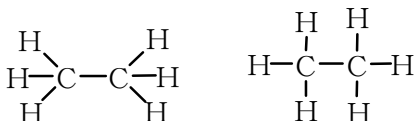
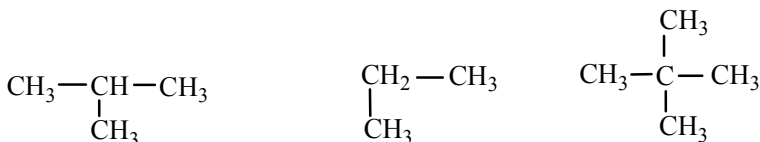
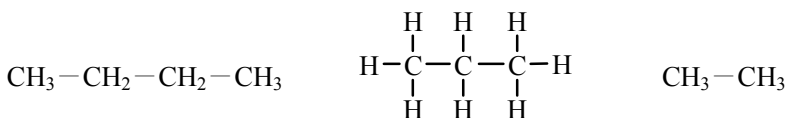
CH_3-CH_3

$$\begin{array}{ccccc} CH_3 & - & CH & - & CH_3 \\ & & | & & \\ & & CH_3 & & \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc} CH_2 & - & CH_3 \\ | & & \\ CH_3 & & \end{array}$$

$$\begin{array}{ccccc} & & CH_3 & & \\ & & | & & \\ CH_3 & - & C & - & CH_3 \\ & & | & & \\ & & CH_3 & & \end{array}$$

$$\begin{array}{ccccccc} H & & & & & & H \\ & \diagdown & & & & \diagup & \\ H & - & C & - & C & - & H \\ & \diagup & & & & \diagdown & \\ H & & & & & & H \end{array}$$

$$\begin{array}{ccccccc} & & H & & H & & \\ & & | & & | & & \\ H & - & C & - & C & - & H \\ & & | & & | & & \\ & & H & & H & & \end{array}$$

6. C_6H_{14}의 분자식을 가진 포화탄화수소의 모든 이성체들의 구조식을 쓰고 일반이름으로 불러라.

7. 활성이 큰 나트리움이나 칼리움은 휘발유나 석유속에 보관한다. 왜 그런가?

8. 11.2L(표준조건)의 메탄이 연소할 때 생기는 이산화탄소와 물

의 질량은 각각 얼마이겠는가?(답. 22g, 18g)

9. 5L의 메탄이 불탈 때 120℃, 120kPa에서 몇L의 기체가 생기겠는가?(답. 18L)

10. 표준조건에서 메탄 2mol과 에탄 10L의 혼합기체를 완전히 연소시키는데 공기(산소 20% 포함)가 몇L 필요한가?(답. 623L)

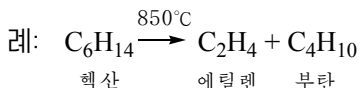
11. 기체상태의 어떤 포화탄화수소가 있다. 이 탄화수소 8.8g을 연소시켜 이산화탄소 26.4g을 얻었다. 이 탄화수소의 분자식을 구하여라.

제3절. 에틸렌, 불포화탄화수소

에틸렌 C_2H_4

에틸렌은 색과 냄새가 없으며 물에 잘 용해되지 않는 기체이다. 에틸렌은 공업적으로 원유(포화탄화수소)를 열분해하여 만든다.

례: $C_6H_{14} \xrightarrow{850℃} C_2H_4 + C_4H_{10}$

헥산 에틸렌 부탄

실험실에서는 에틸알콜에 짙은 류산을 넣고 160~170℃이상으로 열을 주어 만든다.(그림 4-22)

에틸렌의 분자식은 C_2H_4이다. 에탄보다 수소원자 2개가 적다.

$$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ | \quad\;\; | \\ \text{H}-\dot{\text{C}}-\dot{\text{C}}-\text{H} \end{array}$$

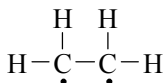



그림 4-22. 실험실에서 에틸렌만들기

탄소원자가 4가라는것을 생각하면 탄소원자들사이에 2중결합이 있다는것을 알수 있다.(그림 4-23)

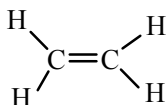
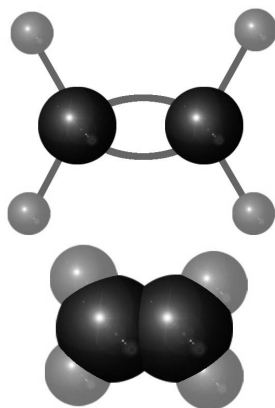
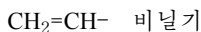
```
H         H
 \       /
  C ═ C
 /       \
H         H
```

간단히 $CH_2{=}CH_2$

그림 4-23. 에틸렌의 분자모형

에틸렌분자는 평면구조를 가진다. 결합들사이의 각(∠HCH, ∠HCC)은 모두 120° 이다.

에틸렌분자에서 탄소-탄소사이의 2중결합은 하나의 σ결합과 하나의 π결합으로 이루어져있다.

※ 에틸렌분자에서 수소원자 하나가 떨어진 나머지 탄화수소기를 비닐기라고 부른다.

$CH_2{=}CH{-}$ 비닐기

참 고 에틸렌분자에서 σ결합과 π결합

탄소원자의 2s전자구름과 2개의 2p전자구름이 섞이여 새로운 3개의 혼성전자구름을 만드는데 이것을 sp^2혼성전자구름이라고 부른다. 3개의 sp^2혼성전자구름들은 탄소원자핵을 중심으로 120° 의 각을 이루면서 한 평면우에 놓여있다.(그림 4-24)

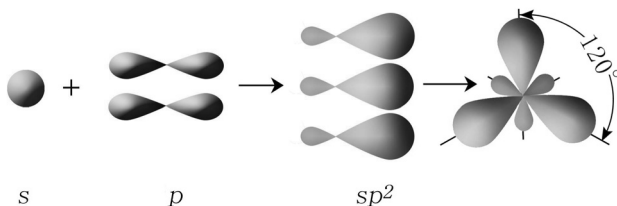



그림 4-24. sp^2혼성전자구름과 방향

에틸렌분자에서 두 탄소원자의 sp^2혼성전자구름이 겹쳐져 σ결합을 이루고 나머지 sp^2혼성전자구름들에는 수소원자의 s전자구름이 겹쳐져 σ결합을 이룬다.(그림 4-25)

한편 매 탄소원자에는 혼성화되지 않은 하나의 p전자구름이 있는데 이것은 σ결합이 이루어지는 평면에 수직으로 놓여있다.

두 탄소원자가 π결합을 이룰 때 p궤도들은 서로 옆으로 겹쳐진다. (그림 4-26)

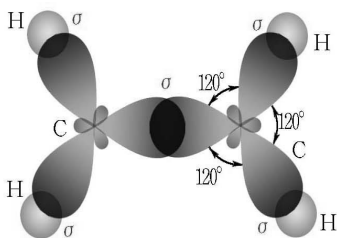



그림 4-25. 에틸렌분자에서 σ결합이 이루어지는 모양

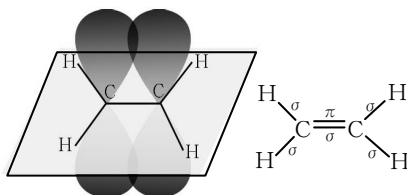



그림 4-26. 에틸렌분자에서 π결합이 이루어지는 모양

? σ결합과 π결합은 어느것이 더 든든한가? 왜 그런가?

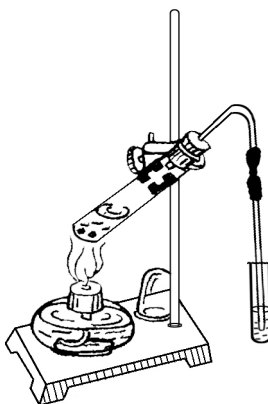
에틸렌분자에는 약한 π 결합이 있으므로 포화탄화수소보다 반응성이 크다.

부가반응. 에틸렌은 보통조건에서도 할로겐(Cl_2, Br_2)과 반응한다.

에틸렌의 만들기와 성질

시험관에 에틸알콜 1mL와 짙은 류산 3mL를 넣은 다음 기체유도관을 끼운 고무마개로 막고 170℃이상으로 세게 열을 준다.

나오는 기체를 브롬수와 과망간산칼리움용액에 각각 통과시킨다. 어떤 현상이 나타나는가?

기체유도관끝에 불을 붙여 본다.

에틸렌과 브롬과의 반응을 화학반응식으로 나타내면 다음과 같다.

$$H-\overset{\displaystyle H}{\overset{|}{C}}=\overset{\displaystyle H}{\overset{|}{C}}-H + Br-Br \longrightarrow H-\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{\overset{\displaystyle H}{\overset{|}{C}}}}-\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{\overset{\displaystyle H}{\overset{|}{C}}}}-H$$

간단히 $$CH_2=CH_2 + \underset{\text{브롬 (붉은밤색)}}{Br_2} \longrightarrow \underset{\text{디브로모에탄 (무색)}}{\underset{Br}{\underset{|}{CH_2}}-\underset{Br}{\underset{|}{CH_2}}}$$

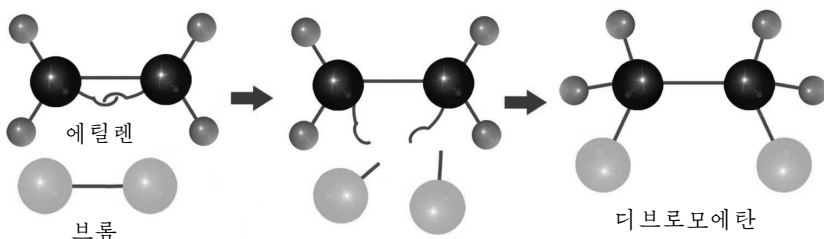
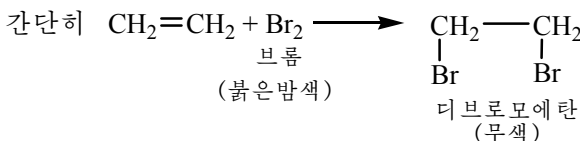
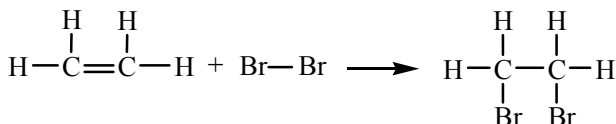



그림 4-27. 에틸렌분자에 브롬이 부가한다.

π결합이 끊어지고 원자나 원자단이 덧붙는 반응을 부가반응이라고 부른다.

생성물분자에는 반응물분자에 있던 π결합이 없어지고 2개의 σ결합이 새로 생겨난다.

이 반응은 색변화가 뚜렷하므로 에틸렌과 같이 π결합을 가진 탄화수소를 알아내는데 리용된다.(그림 4-28)

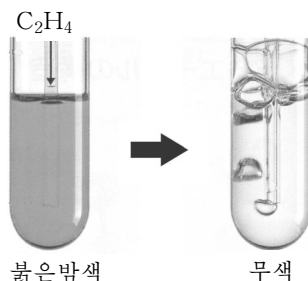



그림 4-28. 에틸렌과 브롬수와의 반응

ⓘ 에틸렌에 염소가 부가하는 반응을 화학반응식으로 나타내여라.

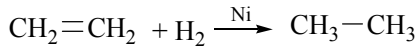
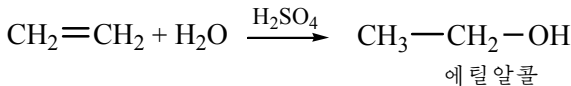
디클로로에탄(CH_2ClCH_2Cl)은 화학빨래할 때 용매로 쓰인다.

ⓘ 에틸렌에 할로겐화수소(HCl, HBr, HI)가 부가하면 할로겐화알킬(R-X)이 생긴다. 에틸렌과 브롬화수소와의 반응을 화학반응식으로 나타내여라.

할로겐화알킬은 반응성이 크므로 여러가지 유기물질을 만드는데 리용된다.

에틸렌은 촉매가 있는데서 수소를 부가한다. 이때 에탄이 생긴다.

$$CH_2=CH_2 + H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3-CH_3$$

(?) 에틸렌에 수소가 부가하는 반응은 산화반응인가 환원반응인가? 산화수변화로 설명하여라.

류산촉매가 있는데서 에틸렌에 물을 부가하면 에틸알콜이 얻어진다.

$$CH_2=CH_2 + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} \underset{\text{에틸알콜}}{CH_3-CH_2-OH}$$

산화반응. 에틸렌은 $KMnO_4$과 같은 산화제에 의하여 산화된다.

$$3\overset{-2}{C}H_2=\overset{-2}{C}H_2 + \underset{(\text{보라색})}{2K\overset{+7}{Mn}O_4} + 4H_2O \longrightarrow \underset{\text{에틸렌글리콜}}{3\overset{-1}{C}H_2(OH)-\overset{-1}{C}H_2(OH)} + \underset{\substack{\text{이산화망간}\\(\text{검은밤색})}}{2\overset{+4}{Mn}O_2\downarrow} + 2KOH$$

간단히 쓰면

$$CH_2=CH_2 \xrightarrow{KMnO_4} \underset{OH}{CH_2}-\underset{OH}{CH_2}$$

이 반응도 에틸렌과 같이 π결합을 가진 탄화수소를 알아내는데 리용된다.

포화탄화수소와 마찬가지로 에틸렌은 공기속에서 불타며 완전히 탈 때 CO_2과 H_2O로 된다.

이때 많은 열을 낸다.

(?) 에틸렌의 완전연소반응식을 쓰라.

중합반응. 에틸렌은 높은 압력에서 열을 주거나 알맞는 촉매를 쓰면 π결합이 끊어지면서 서로 덧붙는다. 이때 분자량이 큰 화합물이 생긴다.

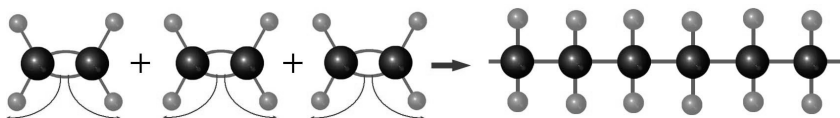
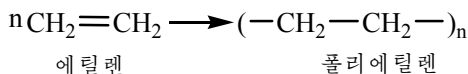



그림 4-29. 에틸렌분자들이 서로 결합하여 하나의 큰 분자로 된다.

같은 분자 여러개가 결합하여 하나의 큰 분자로 되는 반응을 중합반응이라고 부른다.

에틸렌의 중합반응을 간단히 나타내면

$$n\,CH_2{=}CH_2 \longrightarrow (-CH_2-CH_2-)_n$$

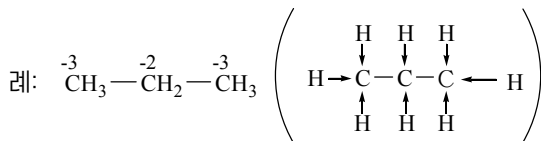
에틸렌 폴리에틸렌

폴리에틸렌은 합성수지로서 비옷, 박막, 물병을 비롯한 여러가지 수지제품을 만드는데 쓰인다.

※ 《폴리》라는 말은 라틴어로 《많다》는 뜻이다.

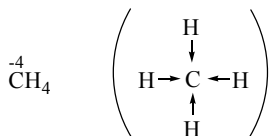
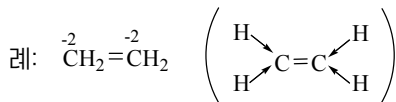
※ 에틸렌은 화학공업의 원료인 동시에 성장조절제이다. 공기중에 에틸렌이 0.1% 있을 때 식물의 호흡작용을 촉진시켜 설익은 도마도는 4~5일, 생감은 2~3일만에 익게 할수 있다.

유기화합물에서 탄소의 산화수

유기화합물에서 탄소의 산화수는 한 화합물안에서도 다르다.

례: $\overset{-3}{C}H_3-\overset{-2}{C}H_2-\overset{-3}{C}H_3$ (H→C−C−C←H, 각 C에 위아래 H→C)

또한 화합물의 구조에 따라서도 탄소의 산화수는 다르다.

례: $\overset{-2}{C}H_2=\overset{-2}{C}H_2$ (H↘C=C↙H, H↗C=C↖H)

$\overset{-4}{C}H_4$ (H→C←H, 위아래 H→C)

탄소는 -4부터 +4사이의 산화수를 가진다.

불포화탄화수소

에틸렌과 같이 탄소원자들사이에 2중결합(또는 3중결합)을 이루고있는 탄화수소를 **불포화탄화수소**라고 부른다.

다시말하면 탄소-탄소사이에 π결합을 가지고있는 탄화수소가 불포화탄화수소이다.

원유(포화탄화수소)를 열분해하면 에틸렌과 같이 분자안에 하나의 2중결합을 가지고있는 불포화탄화수소들이 많이 얻어진다.

이것들을 탄소개수가 많아지는 차례로 놓으면 에틸렌동족렬이 얻어진다.

에틸렌동족렬의 일반식은 C_nH_{2n}이다.

에틸렌동족체의 이름은 메탄동족체의 습관이름에서 《안》대신에 《일렌》을 붙이거나 일반이름에서 《안》을 《엔》으로 바꾸고 2중결합의 자리를 아라비아수자로 밝혀 부른다.(표 4-5)

몇가지 에틸렌동족체들 표 4-5

분자식	구조식	습관이름	일반이름	녹음점 /℃	끓음점 /℃
C_2H_4	$CH_2=CH_2$	에틸렌	에텐	-169.2	-103.7
C_3H_6	$CH_2=CH\text{-}CH_3$	프로필렌	프로펜	-185.3	-47.7
C_4H_8	$CH_2=CH\text{-}CH_2\text{-}CH_3$	부틸렌	1-부텐	-185.4	-6.3
C_5H_{10}	$CH_2=CH\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3$	펜틸렌	1-펜텐	-165.2	30
C_6H_{12}	$CH_2=CH\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3$	헥실렌	1-헥센	-139	63.6
…	…	…	…	…	…

Ⓟ 에틸렌동족렬이란 무엇인가를 자기 말로 이야기해보아라.

에틸렌동족렬의 물리성질은 일반적으로 포화탄화수소와 비슷하다.

에틸렌동족렬에서 C_2-C_4까지는 방온도에서 기체, C_5-C_{18}까지는 액체, C_{19}이상은 고체이다. 에틸렌동족렬은 포화탄화수소와 비슷하게 무극성이며 분자량이 증가함에 따라 끓음점이 점차 높아진다.

Ⓟ 에틸렌동족렬의 끓음점은 탄소수가 같은 포화탄화수소의

끓음점보다 낮다. 왜 그런가?

에틸렌동족체의 분자구조에서 특징적인것은 분자안에 한개의 2중결합이 있는것이다. 나머지 탄소원자들은 단결합으로 결합되여있다.

ⓘ 에틸렌동족체에서 탄소-탄소사이 2중결합은 어떻게 이루어졌는가?

이성현상. 에틸렌동족체에서는 포화탄화수소에서처럼 이성현상이 나타난다.

에틸렌동족체에서는 사슬모양이 다른 사슬이성현상과 함께 2중결합의 위치가 다른 위치이성현상이 나타난다.

ⓘ 위치이성현상이란 무엇인가를 말해보아라.

례: C_4H_8의 분자식을 가지는 에틸렌동족체의 이성체들의 구조식을 쓰고 이름을 부르라. 그리고 어떤 이성현상을 나타내는 이성체인가를 밝혀라.

풀이. ① $CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_3$ 1-부텐

② $CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_3$ 2-부텐

③ $CH_2{=}\underset{\large CH_3}{\overset{}{C}}{-}CH_3$ 2-메틸-1-프로펜(또는 2-메틸프로펜)

①과 ②는 위치이성체, ①과 ③은 사슬이성체이다.

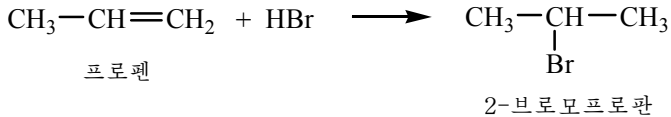
에틸렌동족체들은 분자안에 2중결합을 가지고있으므로 에틸렌처럼 반응성이 크며 부가반응과 중합반응을 한다.

부가반응. 에틸렌동족체들은 수소, 할로겐(Cl_2, Br_2), 할로겐화수소와 반응한다.

ⓘ 프로펜에 수소(촉매가 있는데서), 브롬이 부가하는 반응을 각각 화학반응식으로 나타내여라.

프로펜과 같은 비대칭에틸렌동족체에 할로겐화수소가 부가될 때 할로겐화수소의 수소원자는 2중결합을 하고있는 두 탄소원자가운데서 수소원자가 보다 많은 탄소원자에 부가한다. (마르꼬브니꼬브의 부가규칙)

$$CH_3-CH=CH_2 + HBr \longrightarrow CH_3-\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}}-CH_3$$

프로펜 2-브로모프로판

중합반응. 에틸렌동족체들은 에틸렌처럼 중합반응을 한다.

? 프로펜의 중합반응을 화학반응식으로 나타내여라.

에틸렌동족체들은 유기합성의 중요한 출발원료이다.

프로필렌으로는 폴리프로필렌수지와 아닐론섬유를 만들며 부틸렌으로는 고무를 만든다.

문 제

1. 다음 글에서 옳지 않은것을 찾아라.
   ㄱ) 에틸렌에 수소가 부가하는 반응, 브롬이 부가하는 반응은 다 π결합이 끊어지면서 일어난다.
   ㄴ) 에틸렌분자에는 π결합이 있으므로 에탄분자보다 더 쉽게 분해된다.
   ㄷ) 프로펜을 브롬수에 통과시키면 브롬수의 색이 변한다.
2. 아래의 내용가운데서 정확한것은 ( )이다.
   1) 프로펜의 중합반응식
      ㄱ) $nCH_3-CH=CH_2 \rightarrow \left(-CH_3-CH-CH_2-\right)_n$ 폴리프로필렌
      ㄴ) $nCH_3-CH=CH_2 \rightarrow \left(-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-\right)_n$ 폴리프로필렌
   2) 두 물질은 서로 동족체이다.
      ㄱ) CH_3-CH_3 과 $CH_3-CH=CH_2$

ㄴ) $CH_3—CH═CH_2$ 과 $CH_3CH_2CH═CH_2$

ㄷ) $CH_3—CH_2—CH_3$ 과 $CH_3—CH═CH_2$

ㄹ) $CH_3CH_2CH_2CH_3$ 과 $CH_3CH_2CH_3$

3) 아래의 물질들은 $CH_3CH═CH—CH(CH_3)—CH_3$ 과 서로 이성체관계에 있다.

ㄱ) $CH_3CH{=}CHCH_2CH_3$ ㄴ) $CH_3CH_2CH(CH_3)CH═CH_2$

ㄷ) $CH_2{=}CHCH_2CH(CH_3)CH_3$ ㄹ) (고리: $CH_2—CH_2$, CH_2, CH_2, $CH═CH$)

3. 다음 유기화합물의 정확한 이름은 ( )이다.

$CH_3-C(C_2H_5)=C(C_2H_5)-CH_3$

ㄱ) 2,3-디에틸-2-부텐

ㄴ) 2,3-디에틸-3-부텐

ㄷ) 3,4-디메틸-3-헥센

ㄹ) 3-메틸-2-에틸-2-펜텐

4. 분자량이 42인 에틸렌동족체의 분자식과 구조식을 쓰라.

5. 이소부틸렌에 브롬화수소가 부가하면 어떤 화합물이 생기는가? 화학반응식으로 나타내여라.

6. 브롬수가 들어있는 병에 에틸렌을 불어넣었더니 질량이 14g 늘었다. 20℃, 0.1MPa에서 에틸렌 몇L가 반응하였는가? 무슨 물질 몇g이 생겼는가?(답. 12.02L, 디브로모에탄 94g)

7. 어떤 불포화탄화수소에 수소가 부가될 때 얻어지는 생성물은 $CH_3—CH(CH_3)—CH(CH_3)—C(CH_3)_3$ 이다. 불포화탄화수소의 가능한 구조식을 쓰라.

제4절. 아세틸렌

아세틸렌 C_2H_2

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《우리 나라에는 무연탄과 석회석만 하여도 무진장하게 매장되여 있는데 그것을 원료로 하는 화학공업을 발전시키면 비날론과 염화비닐을 비롯한 여러가지 화학제품을 많이 생산할수 있습니다.》

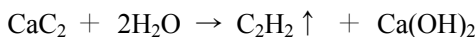
위대한 수령님과 위대한 장군님께서는 우리 나라에 무진장한 무연탄과 석회석으로부터 카바이드를 대대적으로 생산하여 화학공업을 발전시키도록 현명하게 이끌어주시였다.

그리하여 오늘 우리 나라에는 이 무진장한 원료에 기초한 자립적이며 현대적인 유기화학공업기지가 튼튼히 꾸려졌다.

Ⓘ 카바이드는 어떻게 만드는가?

아세틸렌은 우리 나라 유기합성공업에서 아주 중요한 자리를 차지한다.

아세틸렌은 공업에서나 실험실에서 카바이드에 물을 작용시켜 만든다.

$$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow \underset{\text{아세틸렌}}{C_2H_2\uparrow} + Ca(OH)_2$$

※ 이 반응에서는 아세틸렌과 함께 소석회를 기본성분으로 하는 카바이드재가 생긴다. 이 카바이드재를 산성화된 토양에 내면 땅을 중화시킨다.

보통조건에서 순수한 아세틸렌은 색과 냄새가 없는 기체이다.

그러나 카바이드로부터 만든 아세틸렌기체에는 불순물(PH_3, H_2S)이 섞여있기때문에 나쁜 냄새가 난다.

아세틸렌은 물에 잘 용해되지 않는다.

아세틸렌의 분자식은 C_2H_2이다. 에틸렌보다 수소 2개가 적다.

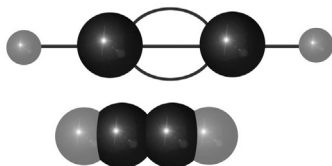



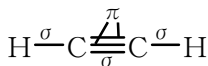
그림 4-30. 아세틸렌의 분자모형

구조식은 H−C≡C−H

간단히 CH≡CH 로 쓴다.

아세틸렌분자에서 모든 원자들은 한 직선에 놓이며 결합들사이의 각은 180° 이다.(그림 4-30)

즉 탄소-탄소 3중결합은 하나의 σ 결합과 2개의 π 결합으로 이루어져있다.

$$\mathrm{H}\overset{\sigma}{—}\mathrm{C}\overset{\pi}{\underset{\sigma}{\equiv}}\mathrm{C}\overset{\sigma}{—}\mathrm{H}$$

아세틸렌분자의 직선구조

탄소원자의 2*s*전자구름과 1개의 2*p*전자구름이 섞어져 새로운 2개의 혼성전자구름을 만드는데 이것을 *sp*혼성전자구름이라고 부른다.

2개의 *sp*혼성전자구름들은 탄소원자핵을 중심으로 180° 의 각을 이루며 한 직선우에 놓여있다.

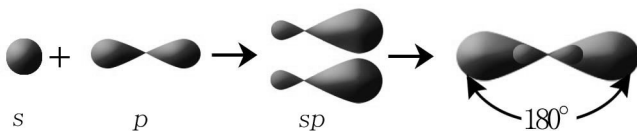



그림 4-31. *sp*혼성전자구름과 방향

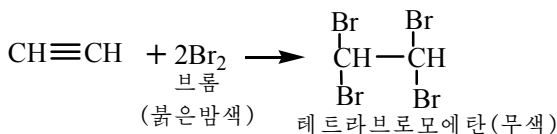
아세틸렌분자에서 두 탄소원자의 *sp*혼성전자구름이 겹쳐져 σ 결합을 이룬다.

매 탄소원자에 있는 혼성화되지 않은 2개의 *p*전자구름들은 이웃 탄소원자의 *p*전자구름과 각각 옆으로 겹쳐져 π 결합을 이룬다. 즉 아세틸렌분자에서 3중결합은 하나의 σ 결합과 2개의 π 결합으로 이루어졌으며 분자는 직선구조를 가진다.

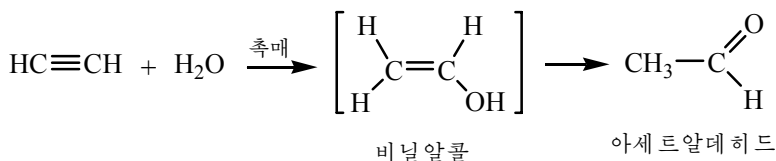
Ⓟ 분자구조로 보아 아세틸렌은 어떤 반응을 할수 있는가?

부가반응. 아세틸렌은 에틸렌과 마찬가지로 π 결합이 끊어지면서 부가반응을 한다.

$$CH{\equiv}CH + 2Br_2 \longrightarrow CHBr_2{-}CHBr_2$$

브롬 (붉은밤색) 테트라브로모에탄(무색)

? 촉매가 있는데서 아세틸렌에 수소를 부가하면 어떤 물질이 생기는가?

아세틸렌은 촉매가 있는데서 물을 부가하여 아세트알데히드로 된다.

$$HC{\equiv}CH + H_2O \xrightarrow{\text{촉매}} \left[\begin{matrix} H & & H \\ & C{=}C & \\ H & & OH \end{matrix} \right] \longrightarrow CH_3{-}C(=O){-}H$$

비닐알콜 아세트알데히드

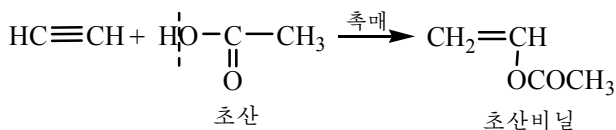
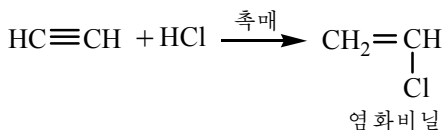
※ 비닐알콜은 매우 불안정한 물질이므로 곧 아세트알데히드로 넘어간다.

촉매가 있는데서 아세틸렌은 염화수소, 초산과도 부가반응을 한다.

$$HC{\equiv}CH + HCl \xrightarrow{\text{촉매}} CH_2{=}CH{-}Cl$$

염화비닐

$$HC{\equiv}CH + H|O{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}{-}CH_3 \xrightarrow{\text{촉매}} CH_2{=}CH{-}OCOCH_3$$

초산 초산비닐

염화비닐과 초산비닐에는 다같이 비닐기($CH_2{=}CH{-}$)가 있다.

비닐기를 가진 화합물은 일정한 조건에서 중합반응을 한다.

? 염화비닐, 초산비닐의 중합반응을 화학반응식으로 쓰라.

폴리염화비닐은 필갑, 수지연필, 비옷과 같은 제품을 만드는데

쓰이며 폴리초산비닐은 비날론섬유의 중간물질로, 라텍스의 원료로 리용된다.

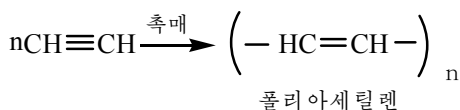
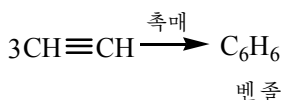
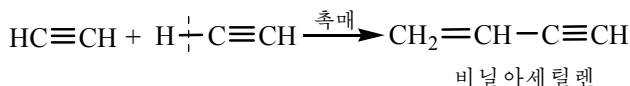
중합반응. 아세틸렌은 촉매가 있는데서 중합반응을 한다.

$$HC\equiv CH + H + C\equiv CH \xrightarrow{\text{촉매}} CH_2=CH-C\equiv CH$$

비닐아세틸렌

$$3CH\equiv CH \xrightarrow{\text{촉매}} C_6H_6$$

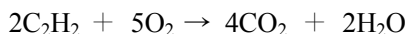
벤졸

$$nCH\equiv CH \xrightarrow{\text{촉매}} \left(-HC=CH-\right)_n$$

폴리아세틸렌

비닐아세틸렌은 고무를 만드는데, 벤졸은 유기용매로, 유기합성원료로 쓰인다. 폴리아세틸렌분자에는 쉽게 이동할수 있는 π전자들이 많으므로 전기전도성이 좋은 고분자화합물로 리용된다.

연소. 아세틸렌은 공기속에서 많은 그을음을 내면서 탄다.

충분한 산소속에서는 완전히 탄다.

$$2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O$$

이때 많은 열(1 340kJ/mol)이 나오므로 온도가 3 000℃까지 오른다.

이 불길로 금속을 자르거나 용접한다.

아세틸렌은 반응성이 크므로 비날론, 염화비닐수지, 합성고무, 알콜, 초산을 비롯한 여러가지 물질을 합성하는 원료로 쓰인다.(그림 4-32)

그림 4-32. 아세틸렌의 용도

문 제

1. 아세틸렌에 대하여 빈칸에 알맞는 글을 써넣어라.

ㄱ) 아세틸렌의 분자식은 ____, 점전자식은 ___, 구조식은 ___이다.

ㄴ) 아세틸렌의 탄소함량은 ___%, 에틸렌의 탄소함량은 ___%, 에탄의 탄소함량은 ___%이다. 이가운데서 탄소를 제일 많이 포함하는 탄화수소는 ___이다.

ㄷ) 두 탄소원자사이에서는 2개의 σ결합이 이루어질수 ___며 3개의 π결합이 이루어질수 ___.
그러므로 아세틸렌의 3중결합가운데서 σ결합은 ___개, π

결합은 ___개이다.

ㄹ) 1mol의 C_2H_2은 가장 많아서 ____mol의 Br_2을 부가할수 있다.

2. 공기속에서 불탈 때 그을음을 제일 많이 내는것은 ( ), 제일 적게 내는것은 ( )이다.

ㄱ) 메탄 ㄴ) 에탄 ㄷ) 아세틸렌 ㄹ) 에틸렌

3. 25℃, 0.1MPa에서 아세틸렌 1mol을 완전히 불태우려면 산소가 몇L 필요한가?(답. 61.1L)

4. 염화비닐 1t을 만드는데 아세틸렌과 염화수소가 몇m^3(0℃, 0.1MPa) 들겠는가?(답. 358.4m^3)

5. 85%순도의 카바이드 100kg으로부터 얻어지는 아세틸렌(0℃, 0.1MPa)으로 비닐아세틸렌 몇kg을 만들수 있겠는가? 거둠률은 85%이다.(답. 29.4kg)

제5절. 부타디엔

탄화수소가운데는 에틸렌, 프로필렌과 같이 분자안에 2중결합을 1개 가지고있는 탄화수소만이 아니라 2개의 2중결합을 가지고 있는 탄화수소도 있다.

대표적인 물질은 부타디엔이다.

부타디엔은 보통조건에서 기체이다.(끓음점 -47℃)

$CH_2=CH-CH=CH_2$ 부타디엔

또는 1,3-부타디엔, 디비닐이라고도 부른다.

그림 4-33. 부타디엔의 분자모형

2중결합이 단결합과 서로 엇바뀌여있는 공유결합을 공액2중결합이라고 부른다.

부타디엔분자에서 모든 원자들은 한 평면에 놓인다.(그림 4-33)

ⓘ 분자구조로 보아 부타디엔은 어떤 성질을 나타내겠는가?

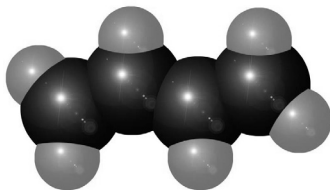
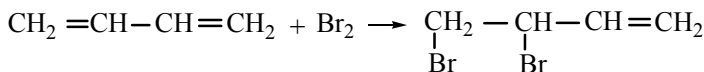
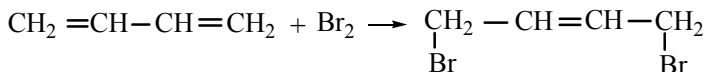
부가반응. 부타디엔은 할로겐, 할로겐화수소를 쉽게 부가한다.

낮은 온도에서;

$$CH_2=CH-CH=CH_2 + Br_2 \longrightarrow \underset{Br}{\underset{|}{CH_2}}-\underset{Br}{\underset{|}{CH}}-CH=CH_2$$

3,4-디브로모-1-부텐

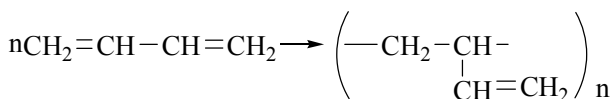
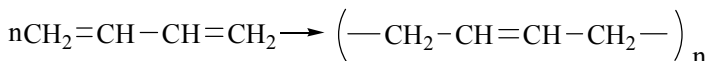
높은 온도에서;

$$CH_2=CH-CH=CH_2 + Br_2 \longrightarrow \underset{Br}{\underset{|}{CH_2}}-CH=CH-\underset{Br}{\underset{|}{CH_2}}$$

1,4-디브로모-2-부텐

중합반응. 부타디엔은 에틸렌동족체들보다 더 쉽게 중합된다.

$$nCH_2=CH-CH=CH_2 \longrightarrow \left(-CH_2-\underset{CH=CH_2}{\underset{|}{CH}}-\right)_n$$

1,2-폴리부타디엔

$$nCH_2=CH-CH=CH_2 \longrightarrow \left(-CH_2-CH=CH-CH_2-\right)_n$$

1,4-폴리부타디엔

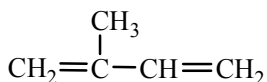
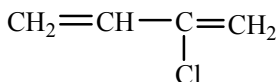
부타디엔의 중합반응은 부타디엔고무를 만드는데서 매우 중요한 반응이다.

일반적으로 공액2중결합을 가지고있는 물질을 중합하면 고무제품이 얻어진다.

$$CH_2=\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}-CH=CH_2$$

이소프렌

2-메틸-1,3-부타디엔

$$CH_2=CH-\underset{Cl}{\underset{|}{C}}=CH_2$$

클로로프렌

천연고무는 97%이상이 이소프렌이 중합된 구조를 가진다.

클로로프렌도 중합하면 고무의 성질을 가지는 물질이 얻어진다.

문 제

1. 다음 빈칸에 알맞는 글을 써넣어라.

1) 분자안에 ____결합이 ____개 있는 불포화탄화수소를 디엔이라고 부른다.

2) 1,3-부타디엔을 간단히 ____ 또는 디비닐이라고도 부른다.

3) 부타디엔 1mol에 브롬 1mol이 부가될 때 낮은 온도에서는 주로 ____이 생기고 높은 온도에서는 주로 ____이 생긴다.

4) 부타디엔의 중요한 성질은 에틸렌동족체들보다 ____반응을 더 잘하는것이다.

2. 정확한 답을 선택하여라.

1) 공액2중결합은 ( ).

ㄱ) 2중결합들이 하나의 단결합을 사이에 두고 떨어져있다.

ㄴ) 2중결합들이 잇닿아있다.

ㄷ) 2중결합들이 여러개의 단결합을 사이에 두고 배렬되여있다.

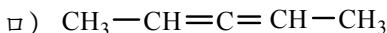
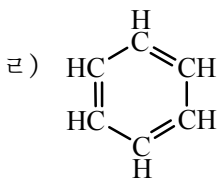
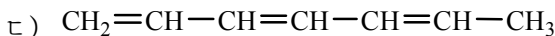
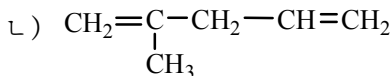
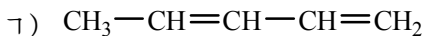
2) 공액인 탄소사슬은 ( )이다.

ㄱ) $CH_3-CH=CH-CH=CH_2$

ㄴ) $CH_2=C(CH_3)-CH_2-CH=CH_2$

ㄷ) $CH_2=CH-CH=CH-CH=CH-CH_3$

ㄹ) (벤젠 고리: HC, C–H, CH, CH, C–H, HC가 2중결합과 단결합을 번갈아 이루는 6원고리)

ㅁ) $CH_3-CH=C=CH-CH_3$

3. 석회석과 무연탄으로부터 부타디엔과 클로로프렌을 얻는 과정을 각각 화학반응식으로 나타내여라.

4. 85%순도의 카바이드 100kg으로부터 클로로프렌 몇kg을 만들수 있는가?(답. 58.8kg)

제6절. 벤졸, 방향족탄화수소

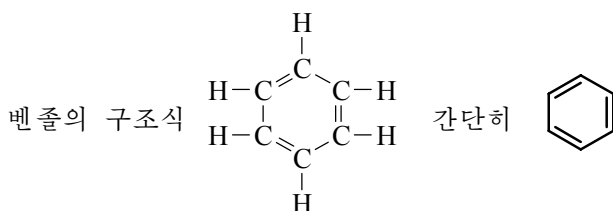
벤졸 C_6H_6

벤졸은 농약과 의약품, 물감, 폭발물 등을 만드는 원료이다.

벤졸은 잘 휘발하며 특이한 냄새가 나는 색이 없는 액체이다. 끓음점은 80.4℃이다.

벤졸은 물에 용해되지 않으며 물보다 가볍다.(밀도 0.879g/cm^3)

벤졸은 기름, 수지, 생고무와 같은 물질들을 용해시키는 성질이 있으므로 용매로 쓰인다.

```
                    H
                    |
                    C
                 //   \
벤졸의 구조식  H−C       C−H   간단히
                 |       ||
               H−C       C−H
                 \\    /
                    C
                    |
                    H
```

이 구조식을 케쿨레구조식이라고 부른다.

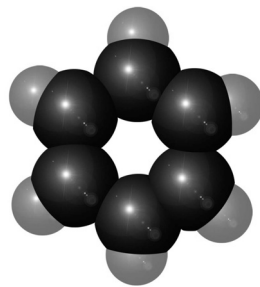
벤졸분자에는 6개의 탄소원자가 공액2중결합으로 고리를 이룬 탄소사슬이 있다.

이것을 벤졸고리 또는 벤졸핵이라고 부른다.

그림 4-34. 벤졸의 분자모형

ⓘ 케쿨레구조식에 의하면 벤졸고리의 탄소-탄소 결합길이가 다 같다고 말할수 있는가?

벤졸고리는 바른6각형이며 결합각은 모두 120° 이다.

그러므로 벤졸의 구조식은 (원이 그려진 6각형) 또는 (점선원이 그려진 6각형) 으로도 나타낸다.

ⓘ 분자안에 π결합이 있는 화합물은 어떤 반응을 하는가?

참 고 케쿨레의 꿈과 벤졸의 구조식

케쿨레(1829-1896, 도이췰란드의 화학자)는 어느날 자기의 꿈이야기를 하였다. 《나는 가끔 교과서집필중에 잘 떠오르지 않을 때에는 의자에 기대여 눈을 붙이군 하였다. 그날도 마찬가지였는데 문득 원자들이 눈앞에 나타나 춤추기 시작하였다. 이번에는 작은 원자들이 물러나고 큰 원자들이 나타났다. 그것들은 긴 렬을 이루면서 엉키였는데 한마리의 뱀이 또 다른 뱀의 꼬리를 물고 그 뱀은 또 다른 뱀의 꼬리를 물면서 눈앞에서 빙빙 돌아갔다.》

케쿨레는 벤졸의 구조해명에 정력을 집중하여 1865년에 오늘과 같은 구조를 밝혀내게 되였다. 케쿨레의 꿈이야기는 그가 평시에 벤졸의 구조를 해명하기 위하여 얼마나 깊이 사색하였는가를 잘 말해준다.

아래의 그림은 벤졸분자가 이루어지는 과정을 나타낸것이다.

이 그림을 보고 벤졸고리가 바른6각형이고 벤졸의 구조식을 ⌬ 로 쓸수 있는 리유를 설명하여라.

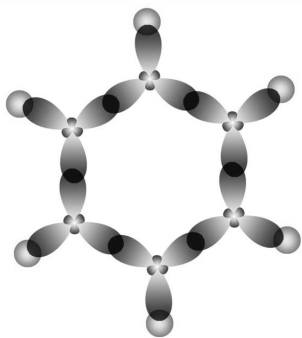



그림 4-35. 벤졸분자의 σ결합

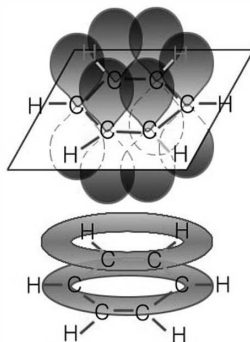



그림 4-36. 벤졸분자의 π결합과 π전자구름

벤졸은 화학적으로 매우 안정하다.

보통조건에서 센 산화제인 과망간산칼리움에 의해서도 벤졸고

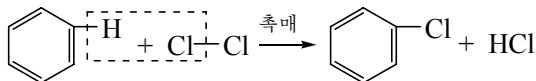
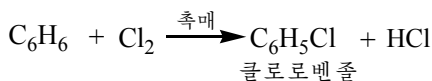
리는 끊어지지 않는다.

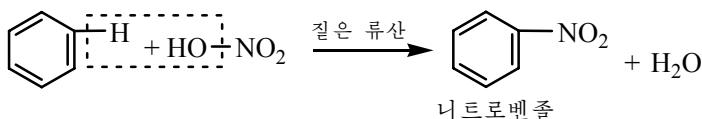
벤졸은 π결합을 가지고있지만 촉매가 있는 조건에서도 부가반응은 힘들고 오히려 치환반응을 잘 일으킨다.

치환반응. $FeCl_3$이나 $FeBr_3$촉매가 있는데서 벤졸에 할로겐(Cl_2, Br_2)을 작용시키면 벤졸의 수소원자가 할로겐으로 치환된다.

$$C_6H_5\text{-}H + Cl\text{-}Cl \xrightarrow{\text{촉매}} C_6H_5\text{-}Cl + HCl$$

간단히

$$C_6H_6 + Cl_2 \xrightarrow{\text{촉매}} \underset{\text{클로로벤졸}}{C_6H_5Cl} + HCl$$

벤졸은 짙은 류산이 있는데서 짙은 질산과 반응하여 니트로벤졸을 만든다.

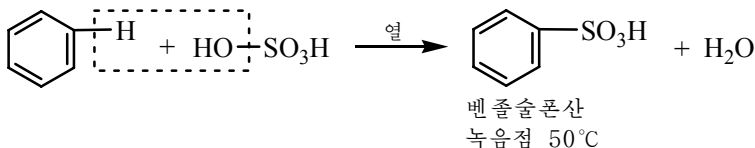
$$C_6H_5\text{-}H + HO\text{-}NO_2 \xrightarrow{\text{짙은 류산}} \underset{\text{니트로벤졸}}{C_6H_5\text{-}NO_2} + H_2O$$

? 벤졸이 질산과 반응하여 니트로벤졸이 얻어지는 반응도 치환반응인가?

탄화수소분자안의 수소원자가 니트로기($-NO_2$)로 치환되는 반응을 니트로화라고 부른다. 니트로화합물은 탄소원자에 직접 결합된 니트로기를 가지고있는 화합물이다.

니트로벤졸은 물감, 의약품, 폭발물생산에서 매우 중요한 중간물질이다.

벤졸에 짙은 류산을 넣고 가열하면 벤졸술폰산이 생긴다.

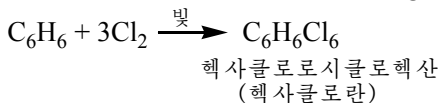
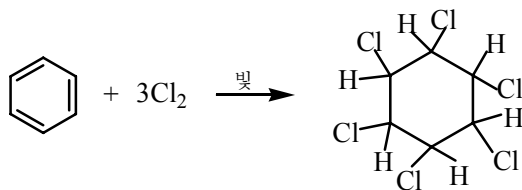
$$C_6H_5\text{-}H + HO\text{-}SO_3H \xrightarrow{\text{열}} C_6H_5\text{-}SO_3H + H_2O$$

벤졸술폰산
녹음점 50℃

탄화수소분자안의 수소원자가 술폰기($-SO_3H$)로 치환되는 반응을 술폰화라고 부른다. 탄소원자에 직접 술폰기가 결합된 화합물을 술폰산이라고 부른다.

술폰산은 보통 센산이며 그의 나트리움염은 합성세척제로 쓰인다. 또한 술폰산은 의약품생산에도 쓰인다.

부가반응. 벤졸은 빛이나 자외선을 쪼여주면 어렵기는 하나 부가반응을 일으킨다.

$$C_6H_6 + 3Cl_2 \xrightarrow{빛} C_6H_6Cl_6$$

헥사클로로시클로헥산
(헥사클로란)

※ 《시클로》라는 말은 고리를 의미한다.

? 니켈촉매가 있는데서 벤졸에 수소를 부가하면 시클로헥산이 생긴다. 화학반응식으로 나타내여라.

벤졸의 용도를 그림 4-37에 주었다.

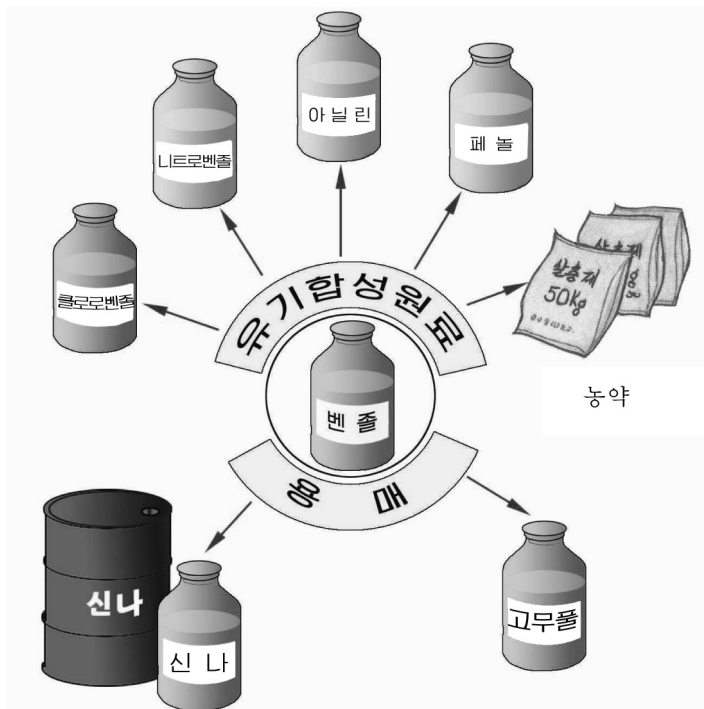



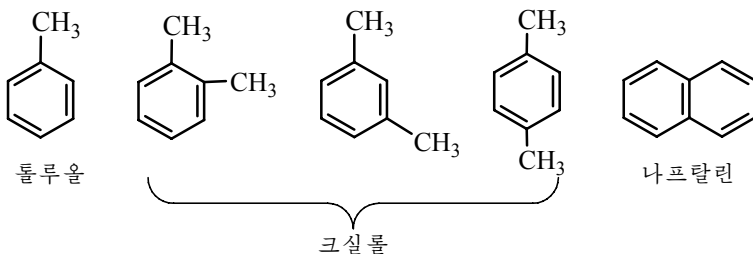
그림 4-37. 벤졸의 용도

방향족탄화수소

석탄을 가공하면 벤졸 C_6H_6, 톨루올 C_7H_8, 크실롤 C_8H_{10}, 나프탈린 $C_{10}H_8$과 같은 물질들을 얻을수 있다.

CH_3 CH_3 CH_3 CH_3 CH_3 CH_3 CH_3

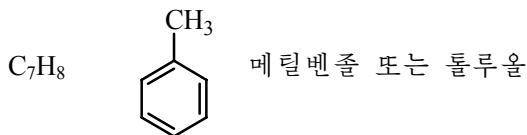
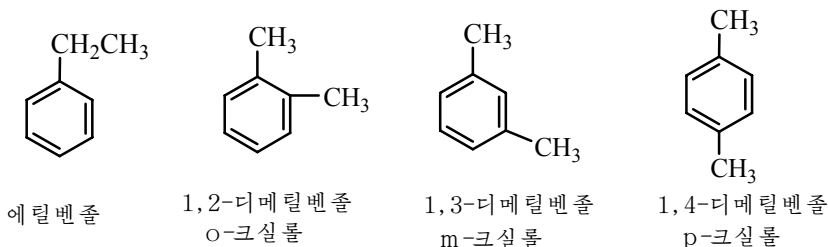
톨루올 나프탈린

크실롤

ⓘ 이 물질들의 구조에 공통적으로 들어있는것은 무엇인가?

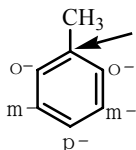
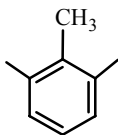
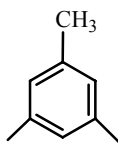
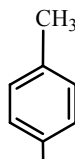
일반적으로 분자안에 벤졸고리를 가지고있는 탄화수소를 통털어 방향족탄화수소라고 부른다.

ⓘ 벤졸동족렬이란 무엇인가? 나프탈린은 벤졸동족체인가?

이성현상. 벤졸과 가장 가까운 동족체인 메틸벤졸에는 이성체가 없다.

C_7H_8 CH_3 메틸벤졸 또는 톨루올

탄소수가 8개인 벤졸동족체 C_8H_{10}에는 4가지 이성체들이 존재한다.

오르토-, 메타-, 파라-

벤졸고리에 결가지가 2개 있을 때 결가지들의 상대적인 자리를 수자대신 오르토(o-), 메타(m-), 파라(p-)로 나타낸다.

이때 어느 한 결가지가 있는 탄소원자를 중심으로 잡는다.

오르토(o-)자리　메타(m-)자리　파라(p-)자리

Ⓟ 분자식이 C_9H_{12}인 벤졸동족체에는 몇개의 이성체가 있는가?

벤졸동족체들은 보통 벤졸과 비슷한 냄새가 나며 색이 없는 액체이다.

벤졸동족체들은 모두 물에 용해되지 않으며 그 증기는 유독하다.

몇가지 벤졸동족체들의 물리성질　　　표 4-6

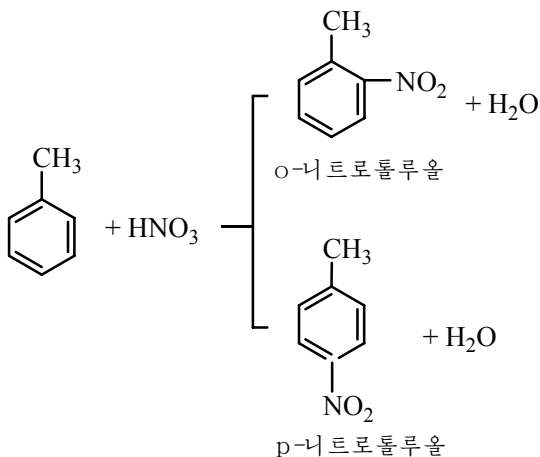
이름	화학식	녹음점/℃	끓음점/℃	밀도/g·cm^{-3}
벤졸	C_6H_6	5.5	80.4	0.879 0
톨루올	C_6H_5-CH_3	-95.0	110.6	0.866 9
o-크실롤	$C_6H_4(CH_3)_2$	-25.6	144.4	0.880 2
m-크실롤	$C_6H_4(CH_3)_2$	-47.0	130.1	0.864 1
p-크실롤	$C_6H_4(CH_3)_2$	13.3	133.4	0.861 0
에틸벤졸	C_6H_5-C_2H_5	-94.9	136.2	0.866 9
프로필벤졸	C_6H_5-C_3H_7	-101.0	159.0	0.862 0

벤졸동족체들의 구조에는 벤졸고리가 있으므로 벤졸과 비슷한 반응성을 나타낸다.

치환반응. 벤졸동족체들에서 벤졸고리에서의 치환반응은 벤졸에서보다 쉽게 일어난다.

반응은 주로 o-와 p-자리에서 일어난다.

톨루올의 니트로화반응은 류산(촉매)이 없어도 짙은 질산에 의해 일어난다.

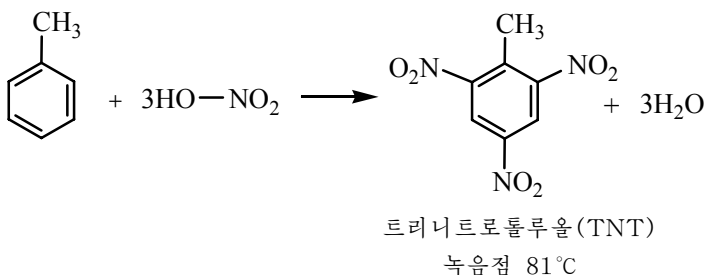
$$C_6H_5CH_3 + HNO_3 \rightarrow \begin{cases} o\text{-}CH_3C_6H_4NO_2 + H_2O \\ p\text{-}CH_3C_6H_4NO_2 + H_2O \end{cases}$$

o-니트로톨루올

p-니트로톨루올

높은 온도에서 톨루올을 니트로화하면 2,4,6-트리니트로톨루올이 얻어진다.

$$C_6H_5CH_3 + 3HO-NO_2 \longrightarrow CH_3C_6H_2(NO_2)_3 + 3H_2O$$

트리니트로톨루올(TNT)

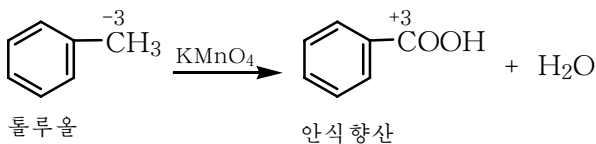
녹음점 81℃

트리니트로톨루올(TNT)은 폭발성이 있으므로 폭약으로 쓰인다.

? 톨루올의 p-자리에서의 브롬화반응을 반응식으로 쓰라.

산화. 벤졸은 $KMnO_4$에 의해 산화되지 않지만 벤졸동족체들은 산화된다.

이때 벤졸고리가 아니라 곁가지가 산화되여 -COOH로 된다.

$$C_6H_5\overset{-3}{C}H_3 \xrightarrow{KMnO_4} C_6H_5\overset{+3}{C}OOH + H_2O$$

톨루올 안식향산

벤졸동족체들은 농약, 의약품, 물감을 비롯한 여러가지 물질을 만드는데 쓰인다.

벤졸, 톨루올은 유기용매로 쓰인다.

신나의 조성에 벤졸이나 톨루올이 들어간것이 많다. (표 4-7)

신나의 조성(%) 표 4-7

례 1	례 2
벤 졸 25	톨 루 올 65
에틸알콜 20	초산에틸 20
아 세 톤 15	초산부틸 5
초산에틸 20	초산아밀 4
초산부틸 20	부틸알콜 5
	에 테 르 1

※ 벤졸과 아세톤을 1:1로 섞은 용액에 염화비닐수지를 용해시켜 염화비닐풀을 만든다.

나프탈린

나프탈린의 분자식은 $C_{10}H_8$이며 구조식은 다음과 같다.

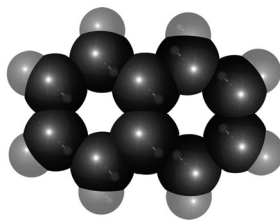
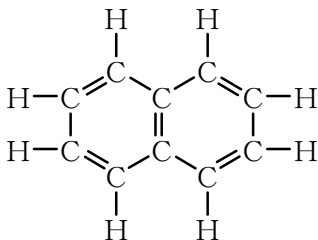
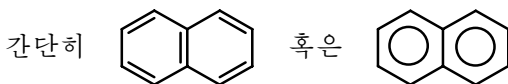
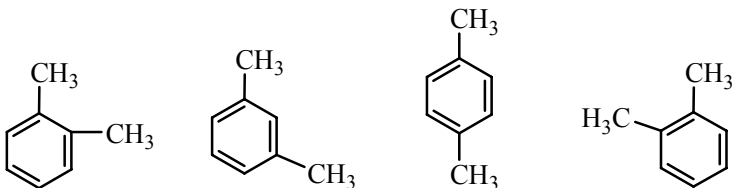



그림 4-38. 나프탈린의 분자모형

나프탈린은 80℃에서 녹고 218℃에서 끓는 특징적인 냄새가 나는 나무잎모양의 흰 결정이다. 물에는 용해되지 않으나 알콜, 에테르, 벤졸에 잘 용해된다.

나프탈린은 보통조건에서 승화되는 성질이 있다.

이 성질을 리용하여 나프탈린을 정제한다. 나프탈린은 가정에서 좀약으로 쓰인다.

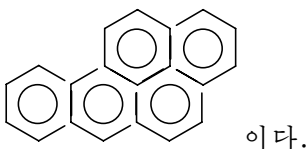
문 제

1. 성희는 크실롤의 이성체를 다음과 같이 4가지로 써냈다. 옳은가? 리유를 설명하여라.

2. 벤졸의 수소원자 한개를 다음의 원자나 원자단으로 치환한 화합물의 구조식을 쓰고 이름을 불러보아라.

ㄱ) $-CH_3$ ㄴ) $-Br$ ㄷ) $-NO_2$ ㄹ) $-Cl$ ㅁ) $-COOH$ ㅂ) $-SO_3H$

3. 벤졸은 촉매가 있는데서 아세틸렌 세 분자를 중합시켜 만든다. 아세틸렌 10L(표준조건)를 가지고 벤졸을 만들고(거둠률 60%) 이 벤졸을 모두 니트로벤졸로 변화시키려고 한다. 63% 질산용액 몇g이 필요한가?(답. 8.93g)

4. 트리니트로톨루올 100kg을 얻으려면 톨루올이 몇L 필요한가? (표 4-6 참고)(답. 46.8L)

5. 어떤 강한 발암성물질의 구조식은

 이다.

이 물질의 분자식은 ( )이다.

ㄱ) $C_{20}H_{12}$ ㄴ) $C_{20}H_{34}$ ㄷ) $C_{22}H_{12}$ ㄹ) $C_{30}H_{36}$

제7절. 석탄건류, 원유가공

석탄건류

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《우리 나라에서 석탄은 연료, 동력의 기본자원이며 공업의 식량입니다. 석탄이 있어야 공장이 돌아가고 전기가 나오며 여러가지 공업제품을 생산할수 있습니다.》

위대한 수령님과 위대한 장군님께서는 우리 나라에 풍부한 석탄을 출발원료로 하는 주체적인 화학공업을 창설하도록 현명하게 이끌어주시였다.

석탄은 전기를 생산하거나 열을 얻는 공업의 중요한 동력으로 될뿐아니라 갖가지 귀중한 물질을 얻는 화학공업의 원료이다.

? 석탄을 원료로 하여 카바이드를 만드는 과정을 간단히 말하여라.

석탄은 먼 옛날 식물이 죽어 땅속에 묻혀서 오랜 기간 박테리아, 지압, 지열을 받으면서 탄화되여 생겼다.

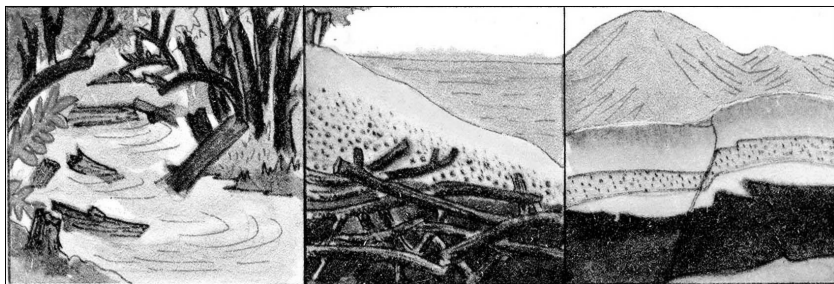



그림 4-39. 석탄의 형성

석탄은 탄소원소로만 이루어진 단순물이 아니다.

석탄은 유기물질과 무기물질로 이루어진 복잡한 혼합물이다.

유기물질들가운데서도 탄화수소 특히 방향족탄화수소가 많이 들어있다.

그러므로 석탄을 잘 가공하면 여러가지 유기물질 특히 방향족

탄화수소를 많이 얻을수 있다.

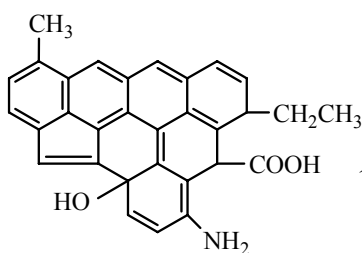
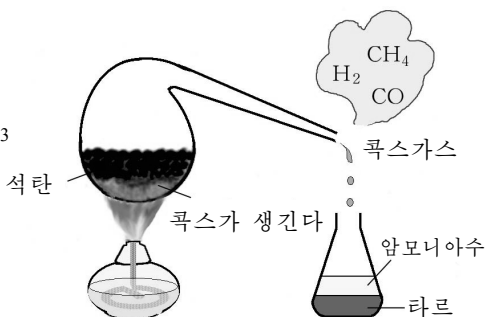



그림 4-40. 석탄의 구　　　　그림 4-41. 석탄건류실험

공기가 없는데서 높은 온도로 열을 주어 석탄을 분해시키는것을 석탄건류라고 부른다.

해탄로의 건류실에 석탄을 넣은 다음 공기가 들어가지 못하도록 뚜껑을 꼭 닫고 약 1 000℃로 열을 주면 석탄이 건류된다.(그림 4-42)

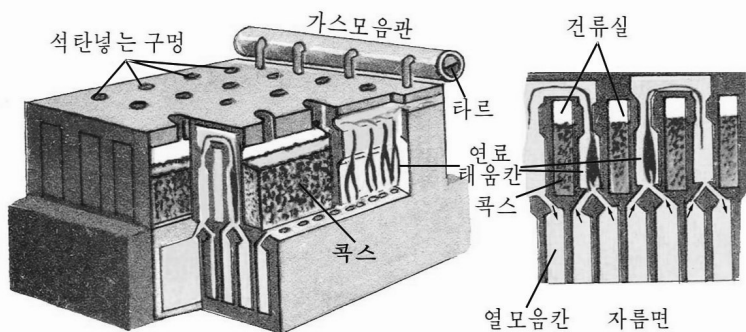



그림 4-42. 해탄로

이때 콕스(고체)와 함께 석탄타르(액체), 암모니아수, 해탄로가스가 얻어진다.

콕스는 철생산에서 환원제로, 연료로 쓰인다.

석탄타르에서 벤졸, 톨루올, 크실롤, 나프탈린, 페놀 같은 방향족화합물들을 갈라낸다. 남은것은 피치이다.

피치는 방수재료로, 도로포장재료로 쓰인다.

암모니아수에는 주로 암모니아와 암모니움염이 용해되여있다.

그러므로 암모니아수에 류산을 작용시켜 류안비료를 만든다.

ⓘ 암모니아와 류산으로부터 류안비료를 만드는 반응을 화학반응식으로 나타내여라.

해탄로가스에는 수소, 일산화탄소, 메탄과 같은 불탈수 있는 물질들이 많이 들어있다.(그림 4-43) 그러므로 이 가스는 기체연료로 쓰인다.

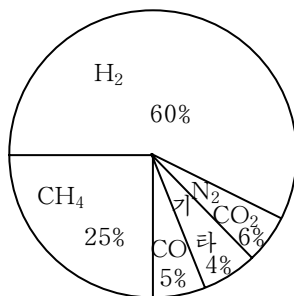



그림 4-43. 해탄로가스의 조

ⓘ 석탄건류생성물로부터 석탄은 어떤 화학원소들로 이루어졌는가를 이야기하여라.

이처럼 석탄으로부터 화학공업의 귀중한 원료들을 얻을수 있다.(그림 4-44)

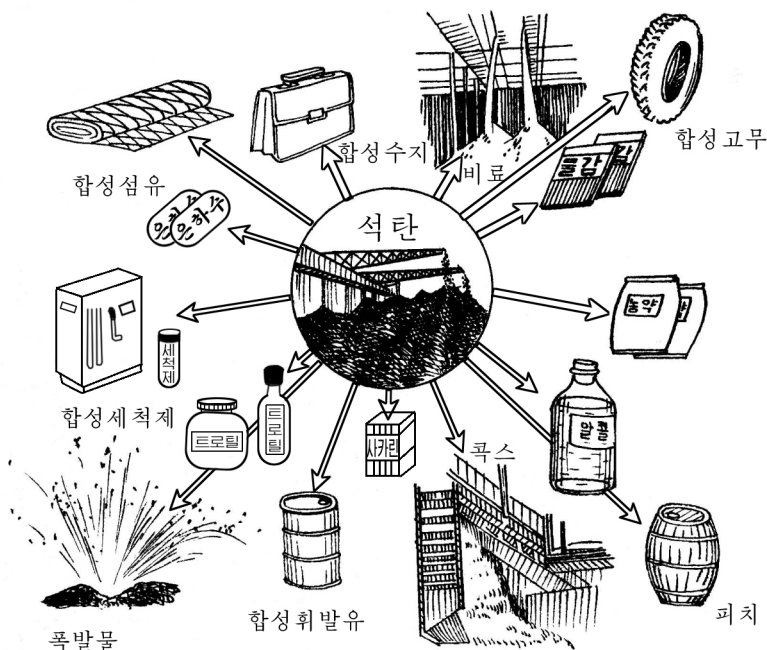



그림 4-44. 석탄은 화학공업의 귀중한 원료

원유가공

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《원유를 가공하여 각종 화학제품을 만들기 위한 연구사업도 더 적극적으로 진행하여야 하겠습니다.》

위대한 수령님과 위대한 장군님께서는 오래전에 벌써 우리 나라에서 원유로부터 여러가지 물질을 생산하는 공업을 발전시킬데 대하여 가르쳐주시고 그 실현에로 현명하게 이끌어주시였다.

원유는 검은밤색을 띤 걸죽한 액체이다.

원유는 끓음점이 서로 다른 여러가지 탄화수소(주로 포화탄화수소)들의 혼합물이다.

액체탄화수소가 기본이고 여기에 메탄과 같은 기체와 고체탄화수소가 조금 용해되여있다. 원유를 가공하면 휘발유, 디젤유와 같은 여러가지 액체연료들과 에틸렌, 프로필렌과 같은 갖가지 화학공업의 원료들을 얻을수 있다.

원유를 가공하는 방법에는 증류, 열분해, 갱질화 같은것들이 있다.

증류. 원유가공은 증류로부터 시작한다.

(?) 포화탄화수소의 탄소수와 끓음점은 어떤 관계에 있는가?

원유에 열을 주면 처음에는 메탄, 에탄, 프로판과 같은 기체탄화수소들이 날아나온다.

계속 열을 주면 끓음점이 낮은 탄화수소로부터 점차 끓음점이 높은 탄화수소들이 증발되여나온다. 이것을 나오는 차례로 식히면 끓음점이 서로 다른 탄화수소들을 따로따로 얻을수 있다.

끓음점이 높고 분자량이 큰 탄화수소는 어떻게 갈라내는가.

대기압조건에서 끓음점이 높은(350℃이상) 탄화수소들은 압력을 낮추어 보다 낮은 온도에서 갈라낸다.

(?) 끓음점과 압력은 어떤 관계에 있는가?

그러므로 원유의 증류공정은 상압증류공정과 감압증류공정으로 꾸려진다.

※ 원유의 매 성분들의 끓음점이 서로 다르다는것을 리용하여 복잡한 혼합물을 비교적 단순하고 보다 쓸모있는 혼합물들로 분리하는 과정을 분별증류라고 부른다.

원유의 증류에서 얻어지는 제품들은 그림 4-45와 같다.

액화가스는 기체연료로, 휘발유, 등유, 경유, 중유는 액체연료와 용매로 쓰인다.

윤활유(방추유, 기계유)는 기계기름으로, 파라핀은 불켜는 초, 크레용 같은것을 만드는데 쓰인다. 피치는 도로포장과 방수에 쓰인다.

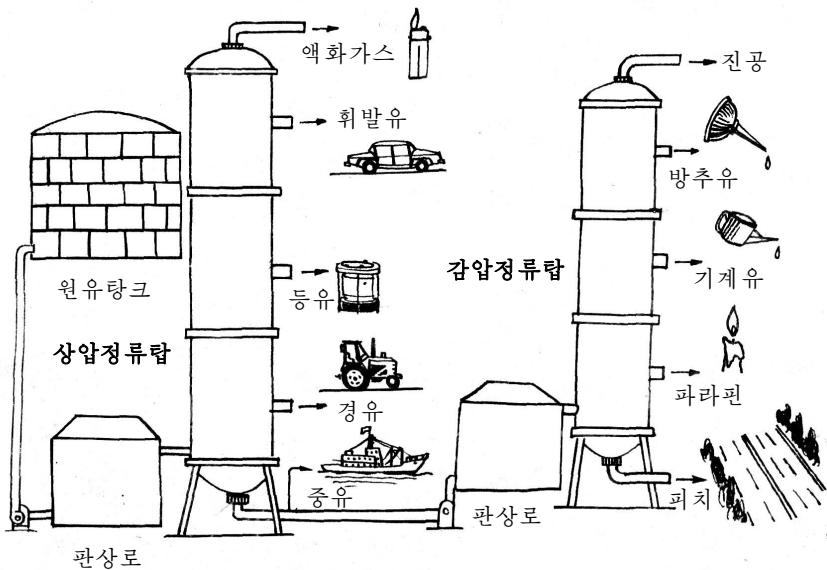



그림 4-45. 원유의 증류와 그 제품

열분해. 원유를 증류할 때 40~210℃에서 끓어나오는 탄소원자수가 5~15개인 액체탄화수소들의 혼합물을 나프사라고 부른다.

나프사는 열분해원료로 쓰인다.

나프사를 공기없이 높은 온도(850℃이상)로 열주면 탄화수소분자들의 탄소사슬이 끊어지면서 분자량이 더 작은 여러가지 탄화수소들로 분해된다.

례를 들어 헥산은 다음과 같이 분해될수 있다.

$$C_6H_{14} \rightarrow C_4H_{10} + C_2H_4 \qquad C_4H_{10} \rightarrow CH_4 + C_3H_6$$

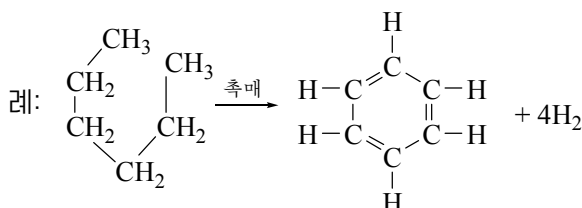
헥산 부탄 에틸렌 부탄 메탄 프로필렌

$$C_4H_{10} \rightarrow C_2H_6 + C_2H_4$$
부탄　　에탄　　에틸렌

열분해에 의하여 얻어지는 에틸렌과 프로필렌과 같은 불포화탄화수소들은 유기합성원료들이다.

ⓘ 에틸렌, 프로필렌으로 어떤 물질들을 만들수 있는가?

갱질화. 촉매가 있는데서 나프사에 높은 온도와 압력을 주면 포화탄화수소가 방향족탄화수소로 된다.

례: $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3 \xrightarrow{\text{촉매}} C_6H_6 + 4H_2$

원유를 갱질화하면 휘발유의 질이 좋아질뿐아니라 유기합성제품을 만드는데서 중요한 방향족탄화수소를 얻을수 있다.

원유를 가공할 때 얻어지는 에틸렌, 프로필렌과 같은 불포화탄화수소들과 방향족탄화수소를 출발원료로 하여 합성섬유, 합성수지, 합성고무, 물감, 의약품 등 여러가지 화학제품을 만드는 공업을 석유화학공업이라고 부른다. 그리고 원유로부터 각종 연료와 석유화학공업의 원료를 얻는 공업을 원유가공공업이라고 부른다.

우리 나라에는 원유가공공업과 석유화학공업기지들이 훌륭히 꾸려져 여기에서 질좋은 연료와 함께 아닐론섬유, 폴리에틸렌수지, 폴리프로필렌수지, 알콜을 비롯한 여러가지 제품들을 생산하고있다.

문 제

1. 빈칸에 알맞는 글을 써넣어라.
   ㄱ) 공기가 없는데서 센 열을 주어 석탄을 _____시키는것을 _____라고 부른다.
   ㄴ) 원유의 가공은 여러가지 탄화수소들의 _____차를 리용하는 _____로부터 시작된다.

ㄷ) 공기가 없는데서 높은 온도로 열주어 탄소사슬을 작게 만드는것은 석탄_____와 나프사_____의 같은 점이다. 석탄_____는 _____상태의 석탄, 나프사_____는 _____상태의 혼합물을 원료로 한다는 다른 점이 있다.

2. 정확한것을 선택하여라.

1) 다음의 물질들가운데서 일정한 끓음점이 없는것은 ( )이다.

ㄱ) 1-헥센 ㄴ) 벤졸 ㄷ) 휘발유 ㄹ) 이소부탄

2) 다음 물질들가운데서 순수한 물질은 ( )이다.

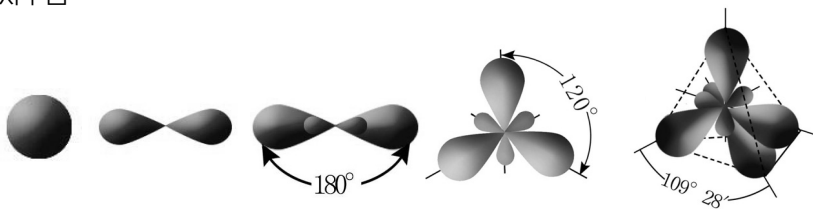
ㄱ) 아세틸렌 ㄴ) 석탄 ㄷ) 휘발유 ㄹ) 옥탄 ㅁ) 원유

3. 석탄건류와 원유증류의 다른 점은 무엇인가?

4. 원유가공에서 증류와 갱질화의 다른 점은 무엇인가?

5. 석탄건류와 석탄을 가스화할 때 생성물에서의 다른 점은 무엇인가?

장 종 합

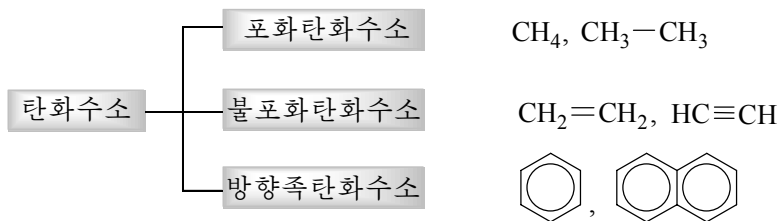
전자구름

*s*전자구름 *p*전자구름 *sp*혼성전자구름 sp^2혼성전자구름 sp^3혼성전자구름

유기화합물의 구조특징

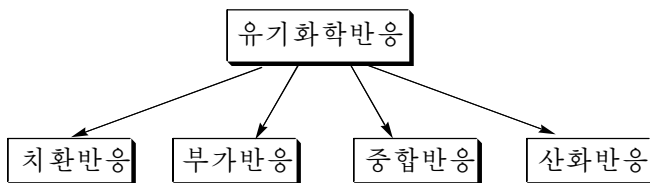
① 유기화합물분자에서 탄소의 원자가는 언제나 4가이다.

② 탄화수소분자에서 모든 결합은 다 공유결합이다.

③ 탄소원자들사이에는 단결합을 이룰수도 있고 2중결합 또는 3중결합도 이룰수 있다.

탄화수소의 분류

구조와 성질

결합의 분류	물질	기본반응	공통성질
단결합	메탄, 에탄(포화탄화수소)	치환반응	연소
2중결합	에틸렌, 부타디엔	부가, 산화, 중합반응	
3중결합	아세틸렌	부가, 산화, 중합반응	
6π전자구조 (방향성구조)	벤졸	치환반응, 부가반응	

유기화합물의 주요반응

동족렬과 동족체

동족렬—구조와 화학성질이 비슷하며 분자조성을 하나의 일반식으로 쓸수 있는 화합물들의 무리

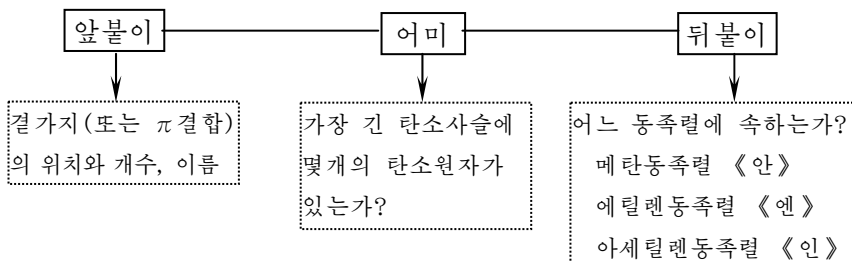
동족체—동족렬에 속하는 하나하나의 물질

탄화수소의 동족렬	일반식
메탄동족렬	C_nH_{2n+2}
에틸렌동족렬	C_nH_{2n}
아세틸렌동족렬	C_nH_{2n-2}
부타디엔동족렬	C_nH_{2n-2}
벤졸동족렬	C_nH_{2n-6}

이성현상과 이성체

이성현상	이성체의 례
사슬이성현상 위치이성현상	n-부탄, i-부탄 1-부텐, 2-부텐

유기화합물의 일반이름부르기

례: 3-메틸헥산(3-메틸+헥사+《안》)

에틸렌, 아세틸렌, 부타디엔 알아내기

π결합이 있으므로 Br_2, $KMnO_4$과 반응하여 색을 변화시킨다.

복습문제

1. 다음 문장들가운데서 틀린것을 찾아라.

ㄱ) 원소의 종류가 같고 구조가 다른 화합물은 서로 이성체이다.

ㄴ) 어떤 유기화합물이 완전히 연소되여 이산화탄소와 물을 만들었다면 이 물질에는 꼭 탄소, 수소, 산소 3가지 원소가 들어있다고 말할수 있다.

ㄷ) 메탄과 염소의 혼합기체는 빛이 있을 때 반응하여 염화메틸과 염화수소를 만든다.

ㄹ) 석유는 여러가지 탄화수소들의 혼합물이다.

ㅁ) 일반식이 같은 유기화합물은 서로 동족체이다.

2. 빈칸에 알맞는 글을 써넣어라.

ㄱ) CH_3CH_3, $CH_3CH=CH_2$, $CH_3CH_2C\equiv CH$, $CH_3C\equiv CCH_3$,

C_6H_6, C_6H_{12}가운데서 서로 동족체인것은 ____이며 서로 이성체인것은 ____이다.

ㄴ) 1mol의 C_2H_6, 1mol의 C_2H_4, 1mol의 C_2H_2을 각각 완전연소시킬 때 산소가 가장 많이 드는것은 _____이고 물이 가장 많이 생기는것은 ____이다.

3. 정확한것을 선택하여라.

1) $CH_3CH=CH_2$과 (고리: CH_2 / CH_2-CH_2)은 ( )이다.

ㄱ) 서로 이성체 ㄴ) 동족체

2) 분자식이 C_4H_8인 탄화수소에는 이성체가 모두 ( )개 있다.

ㄱ) 2 ㄴ) 3 ㄷ) 4 ㄹ) 5 ㅁ) 6 ㅂ) 7

3) 화학식량이 43인 알킬기로 톨루올의 벤졸고리에 있는 1개의 수소원자를 치환했을 때 얻어지는 방향족탄화수소의 수는 ( )개이다.

ㄱ) 3 ㄴ) 4 ㄷ) 5 ㄹ) 6

4. 에탄, 에틸렌, 아세틸렌이 있다.

ㄱ) 이것들은 분자구조에서 어떻게 다른가?

ㄴ) 성질에서의 다른 점을 설명하여라.

ㄷ) 이 기체들을 서로 가려보는 화학적방법을 설명하여라.

5. 기체물질 CH_4, C_2H_2, C_2H_6, C_3H_6, C_3H_8, C_4H_6이 있다.

ㄱ) 매 물질의 이름과 구조식을 쓰라.

ㄴ) 이 기체물질들을 브롬수에 통과시킬 때 브롬의 색을 없애는 물질은 어느것인가? 리유를 설명하여라.

6. 순도가 95%인 카바이드 1t으로부터 염화비닐을 몇kg 얻을수 있는가?(답. 927.7kg)

7. 에틸렌과 부타디엔의 화학성질에서 같은 점과 다른 점은 무엇인가?

8. 어떤 벤졸동족체 1mol을 완전연소시킬 때 10.5mol의 산소가 소비되였다.

이 물질의 분자식을 구하고 가능한 이성체들의 구조식을 쓰라.

9. 왜 석탄을 방향족탄화수소를 얻는 중요한 원천이라고 하는가? 공업에서 방향족탄화수소를 얻는 다른 원천은 무엇이며 어떻게 얻는가?

10. 아세틸렌은 우리 나라 화학공업을 주체적으로 발전시키는데서 매우 중요한 물질이다. 왜 그런가?

11. 일정한 량의 메탄을 연소시키면 CO_2, CO, H_2O이 얻어진다. 얻어진 생성물의 총질량은 49.6g이다. 생성물을 염화칼시움관으로 통과시킬 때 이 관의 질량은 25.2g 증가하였다. 처음 메탄의 질량과 메탄연소과정에 생성된 CO_2과 CO의 질량은 몇g인가?

(답. CH_4 11.2g, CO_2+CO 24.4g)

12. 프로판과 부탄의 혼합물 11.2L(표준조건)를 태울 때 생긴 CO_2을 가성소다용액에 통과시킨 결과 Na_2CO_3 95.4g과 $NaHCO_3$ 84g이 얻어졌다.

① 혼합물을 태울 때 CO_2이 몇mol 생기는가?

② 처음혼합물의 조성을 체적%로 구하여라.

③ 체적으로 산소를 20% 포함하고있는 공기(27℃, 0.2MPa)가 몇L 필요한가?

(답. ① 1.9mol ② C_3H_8 20%, C_4H_{10} 80% ③ 190.8L)

제5장. 탄화수소의 유도체

염화메틸(CH_3Cl)이나 초산알데히드(CH_3CHO), 니트로벤졸($C_6H_5NO_2$), 안식향산(C_6H_5COOH) 등에는 탄소, 수소원소외에 할로겐, 산소, 질소원소가 들어있다.

탄화수소의 수소원자가 다른 원자나 원자단으로 갈리운 화합물을 탄화수소의 유도체라고 부른다.

알콜, 식초, 아스피린, 물감, 향료, 폭발물 등 우리 생활의 이모저모에서 볼수 있는 많은것들은 탄화수소의 유도체이다.

제1절. 알 콜

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리 나라에는 석회석이 얼마든지 있습니다. 이것을 가지고 카바이드를 생산하여 알콜을 뽑는수밖에 없습니다. 우리는 앞으로도 계속 우리의 자원과 실정에 맞게 이 카바이드방향을 견지하여야 합니다.》

위대한 수령님과 위대한 장군님께서는 경제건설과 인민생활에서 알콜의 중요성을 헤아리시고 우리 나라의 실정에 맞는 알콜생산방향과 방도를 밝혀주시였다.

에틸알콜 C_2H_5OH

에틸알콜은 우리 생활에서 흔히 보는 유기물질의 하나이다.

소주, 맥주, 막걸리에는 다 에틸알콜이 포함되여있다.

에틸알콜은 78.4℃에서 끓는 색이 없고 향기로운 냄새가 나는 투명한 액체이다.

주류속의 알콜함량 표 5-1

주류	에틸알콜함량/체적%
막걸리	5~7
맥주	3~5
포도주	6~15
소주	25

에틸알콜은 물보다 가볍고(밀도 0.789g/cm^3) 쉽게 휘발한다.

에틸알콜은 많은 종류의 유기물질과 무기물질을 용해시킬수 있으며 물과는 임의의 비로 서로 용해된다.

※ 요드팅크는 에틸알콜에 요드를 5~10% 되게 용해시킨것이다.

구조. 에틸알콜의 분자식은 C_2H_6O 이다.

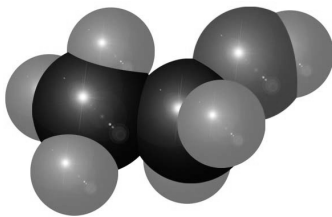



그림 5-1. 에틸알콜의 분자모형

탐구 에틸알콜분자의 구조연구

1. 가설

에틸알콜의 분자식이 C_2H_6O이므로 가능한 구조식은 2가지 즉 ____이다.

2. 실험측정결과

일정한 량의 에틸알콜과 나트리움이 완전히 반응할 때 나오는 수소기체의 체적은 표준조건에서 다음과 같다.

에틸알콜/g	수소/L
1.15	0.28
2.3	0.56
4.6	1.12

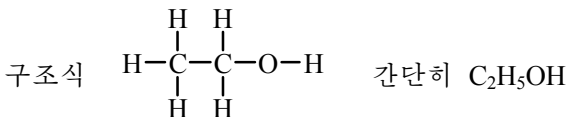
3. 실험결과분석

① 1mol의 에틸알콜과 나트리움이 완전히 반응할 때 ____mol의 수소기체가 생기며 이것은 ____mol의 수소원자에 해당한다.

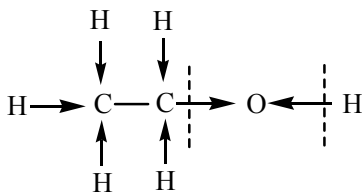
② 1mol의 에틸알콜에 존재하는 반응성이 큰 수소원자는 ____mol 이다.

4. 결론

에틸알콜분자의 구조식은 _____이다.

구조식
$$\begin{array}{ccccccc} & & H & & H & & \\ & & | & & | & & \\ H & - & C & - & C & - & O-H \\ & & | & & | & & \\ & & H & & H & & \end{array}$$
간단히 C_2H_5OH

여기서 원자단 $-OH$를 히드록실기라고 부른다.

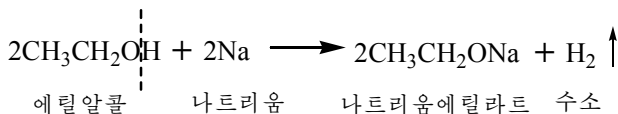
에틸알콜은 에탄의 수소원자 하나가 히드록실기로 갈리운 탄화수소의 유도체이다.

에틸알콜분자에는 전기음성도가 큰 산소원소가 있다.

ⓘ 전기음성도차로부터 결합의 극성이 제일 큰것은 어느것인가?

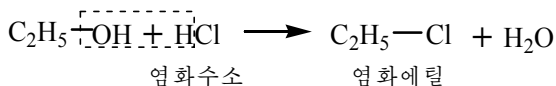
에틸알콜은 탄소수가 같은 에탄과는 달리 반응성이 크며 H^+, OH^-가 떨어지는 여러가지 반응을 일으킨다.

금속나트리움과의 반응. 에틸알콜은 나트리움과 반응하여 알콜라트(알콜의 염)와 수소기체를 낸다. 이때 히드록실기의 수소원자가 나트리움원자로 치환된다.

$$2CH_3CH_2OH + 2Na \longrightarrow 2CH_3CH_2ONa + H_2\uparrow$$

에틸알콜　　나트리움　　나트리움에틸라트　　수소

ⓘ 물도 나트리움과 반응하여 수소기체를 내보낸다. 알콜과 물의 구조를 비교하고 비슷한 점을 이야기하여라.

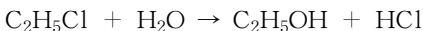
할로겐화수소와의 반응. 에틸알콜에 염화수소(브롬화수소)기체를 작용시키면 히드록실기가 염소원자로 치환된다.

$$C_2H_5-OH + HCl \longrightarrow C_2H_5-Cl + H_2O$$

염화수소　　염화에틸

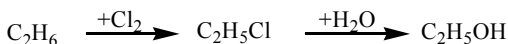
염화에틸은 반응성이 크므로 유기합성의 중간물질로서 여러가지 유기물질을 만드는데 리용된다. 병원에서는 마취제로 쓴다.

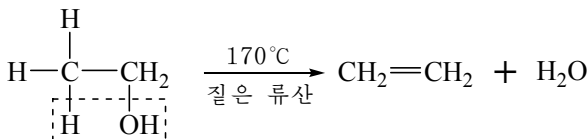
염화에틸 CH_3CH_2Cl

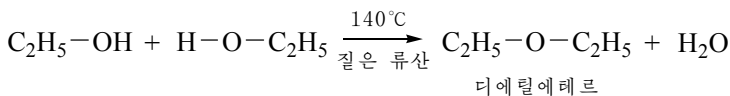
염화에틸분자에서 C−Cl 공유결합전자쌍은 전기음성도가 큰 염소원자쪽으로 쏠려있다. 그러므로 염소원자는 다른 음이온에 의해 치환될수 있다.

$$C_2H_5Cl + H_2O \rightarrow C_2H_5OH + HCl$$

이 반응은 에틸알콜과 염화수소와의 반응보다 더 잘 일어난다.

에탄으로부터 에틸알콜은 직접 만들수 없다. 반드시 반응성이 큰 염화에틸(할로겐화알킬)을 거쳐야 한다.

$$C_2H_6 \xrightarrow{+Cl_2} C_2H_5Cl \xrightarrow{+H_2O} C_2H_5OH$$

탈리반응. 질은 류산이 있는데서 에틸알콜을 160~170℃이상으로 가열하면 물이 떨어지면서 에틸렌이 생기고 140℃정도로 가열하면 에테르가 생긴다.

$$H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{OH}{CH_2} \xrightarrow[\text{질은 류산}]{170℃} CH_2=CH_2 + H_2O$$

한 분자안에서 보다 작은 분자(례: H_2O, HX, NH_3 등)가 떨어져나가면서 탄소-탄소사이 2중결합(또는 3중결합)이 생기는 반응을 탈리반응이라고 부른다.

$$C_2H_5-OH + H-O-C_2H_5 \xrightarrow[\text{질은 류산}]{140℃} \underset{\text{디에틸에테르}}{C_2H_5-O-C_2H_5} + H_2O$$

디에틸에테르는 병원에서 마취제로 쓰인다.

이처럼 에틸알콜의 탈리반응은 반응조건에 따라 다르게 일어나며 생성물도 다르다.

Ⓘ 에틸알콜로부터 염화에틸, 에틸렌, 에테르가 생기는 반응은 에틸알콜분자에서 어느 결합이 끊어지면서 일어나는가?

참고 에테르

디에틸에테르는 쉽게 휘발하는 액체이다. 특이한 냄새가 난다.(녹음점 -116.3℃, 끓음점 34.6℃)

물보다 가볍고 물에 적게 용해된다. 유기용매로서 식물에서 색소, 향료성분들을 추출하는데도 쓰인다.

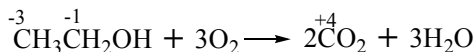
증기는 쉽게 불붙으며 공기중에 1.9~36.8%(체적으로) 섞여있을 때 불꽃에 의해 폭발한다.

때문에 에테르를 다룰 때 주의해야 한다.

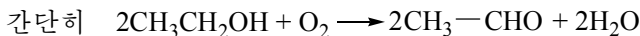
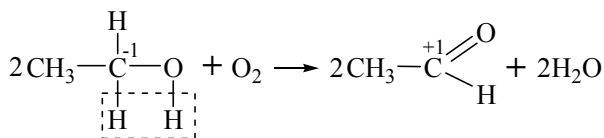
일반적으로 R-O-R´ 의 구조를 가지는 물질을 에테르라고 부른다.

여기서 R, R´ 는 탄화수소기이다.

산화반응. 에틸알콜은 공기중에서 파란 불길을 내면서 탄다. 이때 많은 열(1 367kJ/mol)을 낸다.

$$\overset{-3}{C}H_3\overset{-1}{C}H_2OH + 3O_2 \longrightarrow 2\overset{+4}{C}O_2 + 3H_2O$$

에틸알콜은 동이나 은촉매가 있는데서 공기중의 산소에 의하여 산화된다. 이때 아세트알데히드가 생긴다.

$$2CH_3-\overset{-1}{C}H(H)-O(H) + O_2 \longrightarrow 2CH_3-\overset{+1}{C}(=O)H + 2H_2O$$

간단히 $2CH_3CH_2OH + O_2 \longrightarrow \underset{\text{아세트알데히드}}{2CH_3-CHO} + 2H_2O$

Ⓟ 에틸알콜분자에서 -OH기의 이웃에 있는 C-H결합이 에탄에서보다 쉽게 끊어지겠는가?

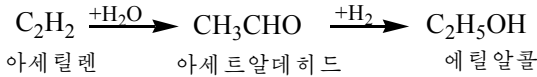
이처럼 에틸알콜은 탄소수가 같은 탄화수소와 구별되는 독특한 성질을 가진다.

이것은 에틸알콜분자안에 -OH기가 있기때문이다.

히드록실기와 같이 그 물질의 화학성질을 기본적으로 규정하는 원자나 원자단을 기능원자단이라고 부른다.

에틸알콜은 아세틸렌을 원료로 하여 화학적방법으로 만든다.

$$C_2H_2 \xrightarrow{+H_2O} CH_3CHO \xrightarrow{+H_2} C_2H_5OH$$

아세틸렌　　　아세트알데히드　　　에틸알콜

또한 에틸알콜은 낟알이나 과실을 원료로 생물학적인 방법으로 발효시켜 얻는다. 이 방법은 주로 소주를 만들 때 리용된다.

발 효

미생물에 의하여 유기화합물이 분해되는 현상을 발효라고 부른다.

발효에 의하여 사람들에게 필요한 물질들이 만들어진다.

젖산발효—젖산균에 의하여 일어나는 발효이다. 당이나 아미노산이 분해되여 젖산이 생긴다. 젖산발효에 의하여 김치가 익으며 콩이나 우유로부터 요그르트, 산유 등 젖제품을 만든다.

알콜발효—효모균에 의하여 일어나는 발효이다. 포도당이 분해되여 에틸알콜이 생긴다. 알콜발효에 의하여 낟알이나 과일로부터 소주, 포도주, 막걸리 등 주류를 만든다.

에틸알콜의 용도를 그림 5-2에 주었다.

그림 5-2. 에틸알콜의 용도

알콜

에틸알콜과 같이 탄화수소의 수소원자가 히드록실기로 갈리운 탄화수소의 유도체를 알콜이라고 부른다.

참고 알콜의 분류

-OH기의 개수에 따라 1가알콜, 2가알콜, 3가알콜, …, 다가알콜로 나누며 탄화수소기의 종류에 따라 포화알콜, 불포화알콜, 방향족알콜로 나눈다. 또한 -OH기와 결합된 탄소원자의 급수에 따라 1급알콜, 2급알콜, 3급알콜로 나누기도 한다.

CH_3CH_2OH 포화1가알콜, 1급알콜

$CH_3—CH(OH)—CH_3$ 포화1가알콜, 2급알콜

$CH_3—CH(OH)—CH_2(OH)$ 포화2가알콜

$CH_2=CH-CH_2-OH$ 불포화알콜

$C_6H_5—CH_2—OH$ 방향족알콜

알콜가운데서 포화탄화수소의 수소원자 하나가 히드록실기로 갈리운 화합물을 포화1가알콜이라고 부른다.

포화1가알콜의 일반식 $C_nH_{2n+1}OH$ 간단히 ROH

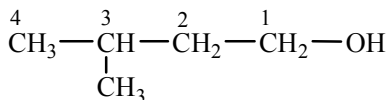
몇가지 포화1가알콜의 이름과 물리성질 표 5-2

화학식	습관이름	일반이름	녹음점 /℃	끓음점 /℃	밀도 /g·cm^{-3}
CH_3OH	메틸알콜	메타놀	-97.8	64.7	0.792 4
CH_3CH_2OH	에틸알콜	에타놀	-114.3	78.4	0.789
$CH_3CH_2CH_2OH$	프로필알콜	1-프로파놀	-127.0	97.2	0.804
$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$	부틸알콜	1-부타놀	-89.5	117.7	0.809 7
$CH_3(CH_2)_3CH_2OH$	아밀알콜	1-펜타놀	-78.5	138.0	0.814

? 포화1가알콜의 이름은 어떻게 부르는가?(표 5-2 참고)

례: $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CH_2-OH$ 의 일반이름을 불러보아라.

풀이. ① OH기가 결합된 탄소원자를 포함하는 가장 긴 탄소사슬을 찾고 탄소원자우에 번호를 붙인다. 이때 기능원자단을 가진 탄소가 될수록 작은 번호를 가지도록 한다.

$$\overset{4}{CH_3}-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{\overset{3}{CH}}}-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{CH_2}-OH$$

② 가장 긴 탄소사슬의 탄소원자수에 해당한 알콜의 이름을 부른다.

포화탄화수소의 이름뒤에 《올》을 붙인다.

부탄+올 → 부타놀

③ OH기의 위치를 앞에 쓰고 짧은 선으로 련결해준다.

1-부타놀

④ 곁가지의 위치와 이름부르는 방법은 탄화수소에서와 같다.

그러므로 이 물질의 이름은 3-메틸-1-부타놀

의미: 부타놀의 세번째 탄소원자에 메틸기가 있으며 히드록실기는 첫번째 탄소원자에 있다.

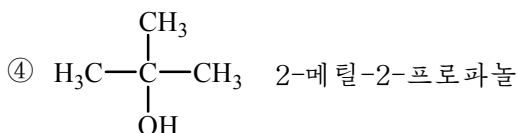
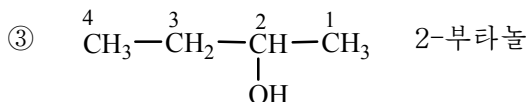
? 포화1가알콜에서는 어떤 이성현상이 나타나겠는가?

례: 부타놀 C_4H_9OH의 가능한 이성체들을 찾고 이름을 부르라.

풀이. ① $\overset{4}{CH_3}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{CH_2}-OH$ 1-부타놀

② $\overset{3}{CH_3}-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{\overset{2}{CH}}}-\overset{1}{CH_2}-OH$ 2-메틸-1-프로파놀

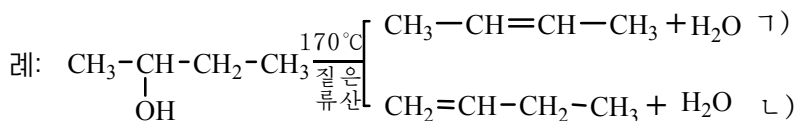
③ $\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H_2-\overset{2}{C}H(OH)-\overset{1}{C}H_3$ 2-부타놀

④ $H_3C-C(CH_3)(OH)-CH_3$ 2-메틸-2-프로파놀

례에서 ①과 ②, ③과 ④는 사슬이성체이며 ①과 ③, ②와 ④는 위치이성체이다. 그리고 ①과 ②는 포화1가1급알콜이며 ③은 포화1가2급알콜, ④는 포화1가3급알콜이다.

포화1가알콜은 분자안에 히드록실기를 가지고있으므로 에틸알콜과 비슷한 성질을 가진다.

Ⓟ 프로파놀과 금속나트리움과의 반응을 화학반응식으로 쓰라.

질은 류산이 있는데서 포화1가알콜을 170℃이상으로 열을 주면 에틸렌동족체가 생긴다.

례: $CH_3-CH(OH)-CH_2-CH_3 \xrightarrow[\text{질은 류산}]{170^\circ C}$
$CH_3-CH=CH-CH_3 + H_2O$ ㄱ)
$CH_2=CH-CH_2-CH_3 + H_2O$ ㄴ)

반응은 주로 ㄱ)의 방향으로 일어난다.

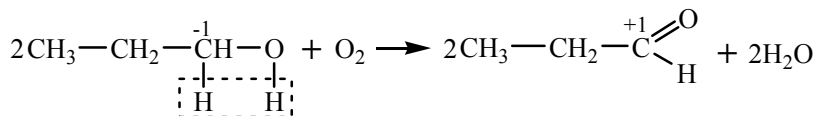
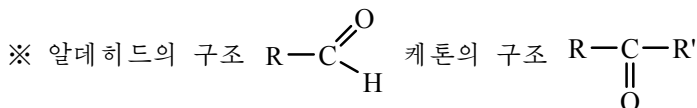
탈리반응에서는 히드록실기가 있는 탄소원자의 이웃탄소원자들가운데서 수소를 보다 적게 가지고있는 탄소원자에서 수소가 떨어진다. (탈리규칙)

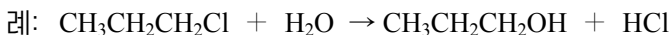
Ⓟ 1-프로파놀과 질은 류산의 혼합물에 140℃정도로 열을 주면 어떤 생성물이 생기는가?

에틸알콜과 비슷하게 포화1가알콜은 산화된다.

이때 1급알콜은 알데히드로, 2급알콜은 케톤으로 산화된다.

$$2CH_3-CH_2-\overset{-1}{C}H(H)-O(H) + O_2 \longrightarrow 2CH_3-CH_2-\overset{+1}{C}(=O)H + 2H_2O$$

※ 알데히드의 구조 $R-C(=O)-H$ 케톤의 구조 $R-C(=O)-R'$

포화1가알콜은 할로겐화알킬에 물을 작용시켜 만든다.

례: $CH_3CH_2CH_2Cl + H_2O \rightarrow CH_3CH_2CH_2OH + HCl$

메틸알콜(메타놀)은 우리 나라에 많은 갈탄을 원료로 하여 만든다.

갈탄을 550~650℃에서 건류할 때 얻어지는 콕스를 가스화하여 CO와 H_2을 얻는다.

이것을 ZnO와 Cr_2O_3으로 이루어진 촉매가 있는데서 300~400℃, 20MPa에서 반응시키면 메틸알콜이 얻어진다.

메틸알콜은 64.7℃에서 끓는 색이 없는 액체이다.

메틸알콜은 여러가지 유기물질을 잘 용해시키는 성질이 있으므로 유기용매로 쓰이며 포름알데히드를 비롯한 유기물질합성에 쓰인다.

메틸알콜은 독성이 강하다.

특히 눈신경에 센 작용을 하므로 5~10mL만 먹어도 눈이 멀고 그 이상 먹으면 생명까지 위험하다.

특히 탄소하나화학공업의 귀중한 원료이다.

탄소하나화학공업

탄소하나화학공업(C_1화학공업)이란 CO, CO_2, CH_3OH와 같이 탄소가 한개인 화합물로부터 탄소가 둘이상인 유기화합물을 만드는 공업을 말한다. C_1화학은 쓸모가 적거나 버리던 물질로부터 귀중한 합성제품을 생산하는 새로운 분야이다.

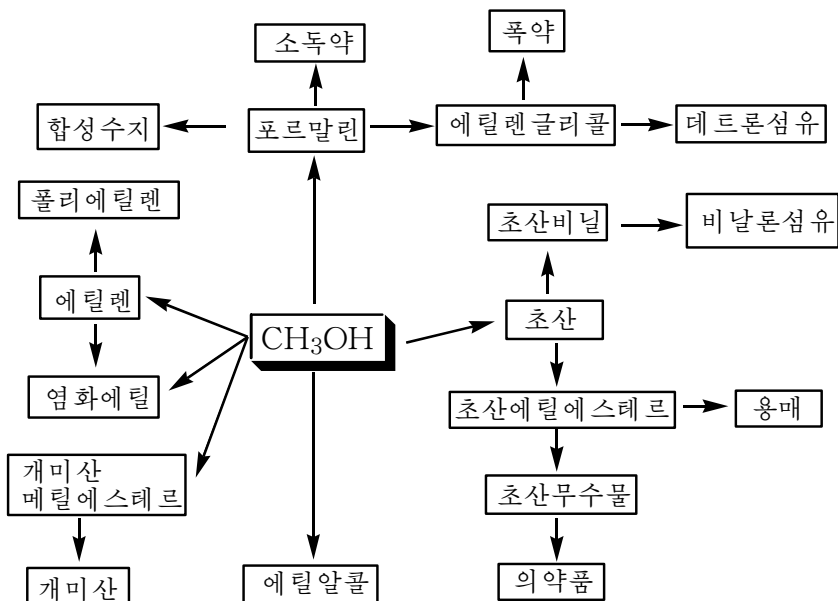
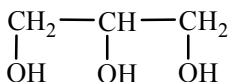



그림 5-3. 메틸알콜에 기초한 탄소하나화학공업

글리세린은 단맛을 가진 걸죽한 액체로서 습기를 잘 빨아들인다.

살결물, 크림, 원주필약, 구두약 같은데는 다 글리세린이 들어있다.(그림 5-4)

글리세린의 구조식

$$\begin{array}{ccccc} CH_2 & - & CH & - & CH_2 \\ | & & | & & | \\ OH & & OH & & OH \end{array}$$

Ⓟ 글리세린은 어떤 성질을 가지겠는가? 글리세린과 나트리움과의 반응

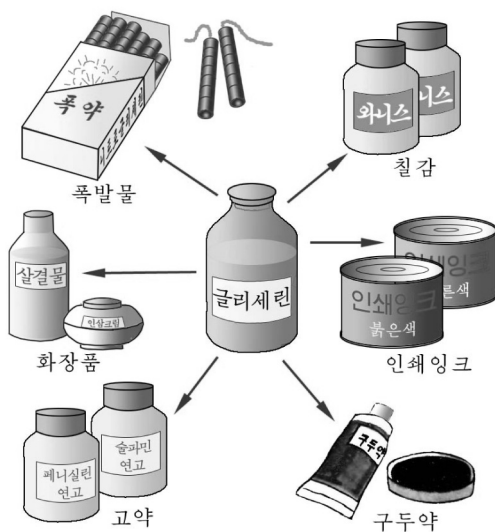



그림 5-4. 글리세린의 용도

을 화학반응식으로 나타내여라.

글리세린은 분자안에 히드록실기를 3개 가지고있으므로 포화1가알콜과 다른 성질도 나타낸다.

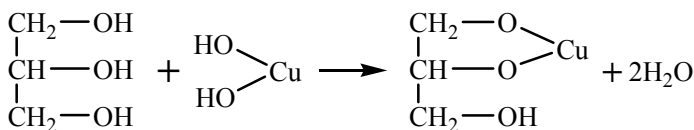
포화1가알콜은 나트리움과만 반응하여 염을 만들지만 글리세린은 가성소다와는 물론 약한 염기인 수산화동(Ⅱ)과도 반응하여 염을 만든다.

글리세린과 수산화동(Ⅱ)과의 반응

류산동용액과 수산화나트리움용액으로 갓 만든 수산화동(Ⅱ)을 두개의 시험관에 넣고 한 시험관에는 에틸알콜(또는 메틸알콜), 다른 시험관에는 글리세린을 조금씩 넣는다.

두 시험관에서 수산화동의 색이 어떻게 변하는가?

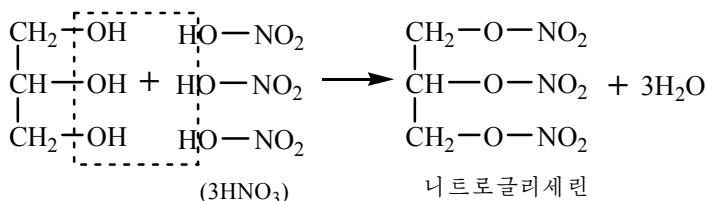
어느 시험관에서 수산화동침전물이 용해되는가?

$$\begin{array}{l} CH_2-OH \\ | \\ CH-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{array} + \begin{array}{l} HO \\ \quad\;\; \rangle Cu \\ HO \end{array} \longrightarrow \begin{array}{l} CH_2-O \\ | \qquad\quad\;\; \rangle Cu \\ CH-O \\ | \\ CH_2-OH \end{array} + 2H_2O$$

동글리세라트

이것은 분자안에 히드록실기가 많을수록 -OH기 수소의 반응성이 더 세진다는것을 말해준다.

이 반응은 수산화동침전물이 글리세린과 반응하면서 맑고 푸른 용액으로 되기때문에 1가알콜과 다가알콜을 갈라보는데 리용된다.

글리세린은 짙은 질산과 반응하여 니트로글리세린을 만든다.

$$\begin{array}{l} CH_2-OH \\ | \\ CH-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{array} + \underset{(3HNO_3)}{\begin{array}{l} HO-NO_2 \\ HO-NO_2 \\ HO-NO_2 \end{array}} \longrightarrow \begin{array}{l} CH_2-O-NO_2 \\ | \\ CH-O-NO_2 \\ | \\ CH_2-O-NO_2 \end{array} + 3H_2O$$

니트로글리세린

니트로글리세린은 폭발성이 있으므로 폭발물을 만드는데 쓰인다.

참고 폭약과 노벨

글리세린에 질산을 작용시켜 니트로글리세린을 처음(1864년)으로 만든 사람은 이딸리아의 화학자 소프레토이지만 이것을 폭파약으로 처음 리용한 사람은 스웨리예의 화학기사 노벨(1833-1896)이다.

노벨은 조금만 충격을 받아도 폭발하는 위험한 이 니트로글리세린을 다루기 편리하고 위험하지 않는 폭약으로 만들기 위하여 희생을 무릅쓰고 실험을 거듭하였다. 마침내 이것을 규조토와 섞으면 충격에 예민하지 않는 폭약이 얻어진다는것을 발견하고 《다이나마이트》라는 이름을 붙여 1866년에 공포하였다. 또한 노벨은 1884년에 니트로글리세린과 질산섬유소를 섞어서 만든 발사약도 발명하였다.

노벨은 이 원리에 기초하여 15개도 넘는 폭약공장을 세계 여러곳에 세워 운영하여 많은 재산을 얻게 되였다. 그는 그 재산의 리자를 해마다 물리, 화학, 의학, 문학 및 평화운동에 기여한 사람들에게 줄것을 유언하였다.

그리하여 1901년부터 노벨상이 제정되고 과학기술발전에 공헌을 한 사람들에게 이 상이 수여되고있다.

문 제

1. 빈칸에 알맞는 글을 써넣어라.

① 에틸알콜의 조성에는 ____, ____, ____원소가 있으며 시성식은 ____이다.

에틸알콜이 공기중에서 연소되는 화학반응식은 ____이다.

② 에틸알콜이 물과 임의의 비로 용해되는것은 ____때문이다.

③ 메틸알콜의 화학식은 ____이고 그것이 공기속에서 연소되는 화학반응식은 ____이다. 메틸알콜은 ____ 있으며 마시면 사람은 눈이 ____ 되며 지어 생명까지 잃을수 있다.

④ 에틸알콜은 탄소수가 같은 에탄보다 녹음점, 끓음점이 ____. 그것은 ____때문이다.

⑤ 에틸알콜과 짙은 류산의 혼합물에 170℃이상의 열을 주면

____이 생기고 140℃정도의 열을 주면 ____가 생긴다.

2. 옳은것을 선택하여라.

1) 아래 물질들가운데서 알콜에 속하는것은 ( )이다.

ㄱ) CH_3OH ㄴ) CH_3-O-CH_3 ㄷ) CH_3CHO

ㄹ) $H_3C-\underset{\underset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH$

2) 아래 물질들가운데서 주정(에틸알콜)안에 들어있는 수분을 검사할수 있는것은 ( )이다.

ㄱ) 생석회 ㄴ) 석회석 ㄷ) 무수류산동 ㄹ) 무수염화칼시움

3. 아밀알콜 $C_5H_{11}OH$의 모든 이성체들의 구조식을 쓰고 일반이름으로 불러라.

4. 아래 반응과정의 화학반응식을 쓰고 반응조건과 반응류형을 지적하여라.

1) $C_2H_4 \leftrightarrows C_2H_5OH \rightarrow C_2H_5OC_2H_5$

2) $CH_3CHO \leftarrow C_2H_5OH \leftrightarrows C_2H_4 \rightarrow C_2H_5Br$

5. 에틸알콜에 짙은 류산을 넣지 않으면 170℃이상으로 열을 주어도 에틸렌이 생기지 않는다. 또한 140℃로 열을 주어도 에테르가 생기지 않는다.

짙은 류산은 어떤 역할을 하는가?

6. 250g의 에틸알콜과 250g의 메틸알콜을 각각 연소시킬 때 필요한 산소(표준조건)는 몇L씩인가?(답. 365.2L, 262.5L)

7. 어떤 유기물질 2.3g을 완전히 연소시킬 때 4.4g의 이산화탄소와 2.7g의 물이 생긴다. 그 물질의 증기밀도는 2.054g/L(표준조건)이다. 그 물질의 분자식을 구하여라.

8. 두개의 병에 에틸알콜과 글리세린이 각각 들어있다. 어느 병에 무슨 알콜이 있는지 어떻게 알아내겠는가?

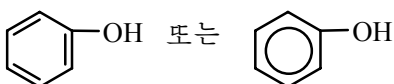
9. 한 공장에서 매일 $8.96\times10^4m^3$(표준조건)의 에틸렌을 생산하여 알콜을 만든다.

이 에틸렌의 99%가 에틸알콜로 변화된다면 95% 에틸알콜을 몇t 만들수 있는가?(답. 191.7t)

제2절. 페놀, 농약

페놀 C_6H_5OH

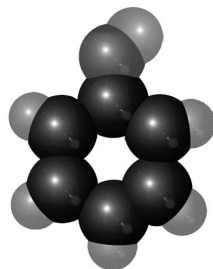
벤졸의 수소원자 하나가 히드록실기(-OH)로 갈리운 화합물을 페놀이라고 부른다.

페놀의 구조식

간단히 C_6H_5OH

페놀은 벤졸의 수소원자 하나가 히드록실기로 갈리운 탄화수소의 유도체이다.

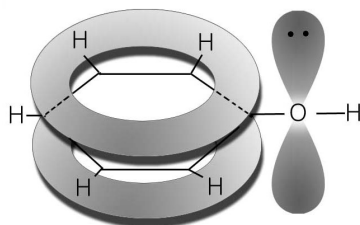
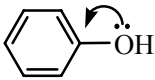
페놀은 소독약냄새가 나는 색이 없는 바늘모양의 결정이며 물에 잘 용해되지 않는다. 페놀은 유독하며 피부를 상하게 한다.

그림 5-5. 페놀의 분자모형

※ 공기속에서 페놀은 흔히 불그스름한 색을 띠고있는데 이것은 페놀의 일부가 산화되기때문이다.

구조. 페놀분자의 구조는 벤졸의 구조와 다르다.

페놀분자의 산소원자에는 비공유전자쌍을 가진 p전자구름이 있다. 이 p전자구름은 벤졸고리의 6π전자구름띠와 겹쳐진다.(그림 5-6) 그러면 7개의 원자를 포함하는 페놀의 π 전자구름띠에서 8개의 π 전자가 운동하게 되므로 벤졸고리에서의 전자밀도는 벤졸에서보다 크다.

그림 5-6. 페놀의 π전자구름띠

한편 산소원자에서의 전자밀도는 알콜에서보다 작다.

※ 굽은 화살표(↶)는 π전자의 쏠림을 나타낸다.

ⓘ 분자구조로 보아 페놀은 어떤 성질을 가지겠는가?

산성. 페놀은 분자안에 히드록실기를 가지고있으므로 알콜과 비슷한 성질을 가진다. 페놀은 나트리움과 반응하여 페놀라트(페놀의 염)를 만든다.

ⓘ 페놀과 나트리움과의 반응을 화학반응식으로 나타내여라.

페놀은 알콜과 달리 가성소다와도 반응하여 염을 만든다.

페놀의 산성

두개의 시험관에 물과 가성소다용액을 각각 4mL씩 넣은 다음 페놀을 조금씩 넣고 흔든다.

어느 시험관에서 페놀이 더 잘 용해되는가를 본다.

$$C_6H_5\text{-}OH + NaOH \longrightarrow C_6H_5\text{-}ONa + H_2O$$

나트리움페놀라트

이것은 페놀이 산성을 나타내기때문이다.

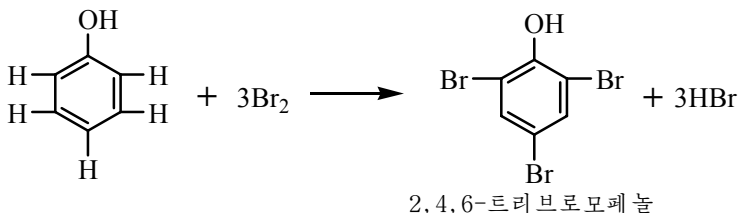
ⓘ 페놀이 알콜과 달리 산성을 나타내는 원인을 분자구조로부터 설명하여라.

페놀은 매우 약한 산이며 리트머스알림약의 색도 변화시키지 못한다.

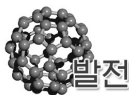
벤졸고리에서의 치환반응. 페놀에 할로겐(Cl_2, Br_2)이 작용하면

o-, p-자리에 있는 수소원자가 쉽게 할로겐으로 치환된다.

$$C_6H_5OH + 3Br_2 \longrightarrow C_6H_2Br_3OH + 3HBr$$

2,4,6-트리브로모페놀

치환반응은 벤졸에서보다 더 쉽게 일어난다. 그것은 -OH기의 영향으로 벤졸고리의 전자밀도가 커져 시약이 더 쉽게 작용하기때문이다.

페놀은 질산과도 반응한다.

? o-니트로페놀, p-니트로페놀, 2,4,6-트리니트로페놀(피크린산)이 생기는 반응을 화학반응식으로 나타내여라.

벤졸고리에서의 정위성규칙(1)

$-CH_3$나 -OH기는 벤졸고리의 전자밀도를 크게 해주는 활성기이다.

활성기: $-CH_3$, $-\ddot{O}H$, $-\ddot{N}H_2$, -X(-Cl, -Br, -I)

벤졸고리에 활성기가 있으면 치환반응은 주로 o-, p-자리에서 일어난다.

페놀은 석탄타르에 있으며 거기에서 갈라낸다. 페놀은 석탄에서 얻어지는 산이라는데로부터 석탄산이라고도 부른다.

페놀은 합성수지, 농약, 폭발물(피크린산), 물감 등을 만드는 원료로 쓰이며 유기유리를 붙이는데도 쓰인다.(그림 5-7)

※ 일반적으로 벤졸고리에 -OH기가 직접 결합되여있는 탄화수소유도체를 **페놀류**라고 부른다.

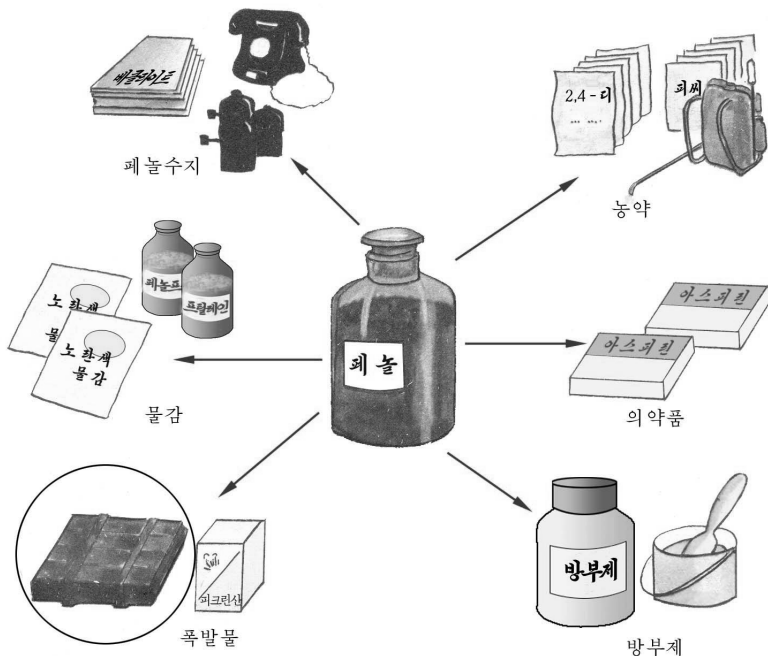



그림 5-7. 페놀의 용도

농약

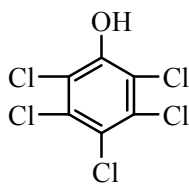
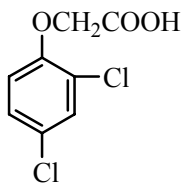
위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《농촌에 살초제와 여러가지 농약을 많이 생산하여 보내주기 위한 대책도 세워야 하겠습니다.》

위대한 수령님과 위대한 장군님께서는 농업생산에 이바지할 수 있는 여러가지 농약들을 생산공급하도록 현명하게 이끌어주시였다.

농약은 쓰는 대상에 따라 살초제, 살충제, 살균제, 성장조절제로 나눈다.(그림 5-8)

그림 5-8. 농약의 분류

중요한 살초제는 페놀의 유도체인 피씨피와 2,4-디이다.

피씨피는 바늘모양의 흰 결정이며 유기용매에 용해된다.

물에 용해되지 않으므로 피씨피의 나트리움염을 만들어 쓴다.

자외선을 받으면 쉽게 분해되면서 독이 없어진다.

피씨피는 돌피를 없애는데 쓴다. 살에 오래 묻으면 중독을 일으키므로 다 쓴 다음에는 손을 깨끗이 씻어야 한다.

2,4-디는 냄새가 세게 나는 가루이다. 물에 용해되지 않으므로 나트리움염으로 만들어 쓴다.

2,4-디는 잡초와 같은 넓은잎식물만 골라죽이므로 벼, 밀, 보리에는 해를 주지 않는다.

살충제는 벌레의 몸에 묻거나 벌레가 냄새를 맡을 때 또는 벌레가 약이 묻은 식물을 먹었을 때 죽는 독성물질이다.

도레본은 물코끼리벌레를 비롯한 벼의 해충을 죽이는 살충제이다.

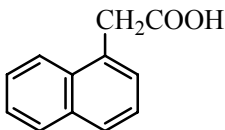
도레본은 38℃에서 녹는 흰 결정성가루이며 물에는 거의 용해되지 않고 클로로포름과 같은 유기용매에 용해된다.

이것은 유탁액을 만들어 벼랭상모판에 친다.

포르말린은 미생물의 단백질을 응고시켜 죽이는 살균제이다.

포르말린은 벼, 밀, 보리와 같은 알곡의 종자소독에 많이 쓰인다.

포르말린을 600배로 묽게 한 용액에 종자를 24h정도 잠그었다가 심는다.

α-나프틸초산은 나프탈린의 초산유도체이다.

α-나프틸초산은 생장점과 뿌리끝점에 작용하여 식물이 빨리 자라도록 자극하는 성장촉진제이다.

문 제

1. 빈칸에 알맞는 글을 써넣어라.

1) 벤졸의 수소원자 하나가 -OH기로 갈리운 화합물을 ____이라고 부른다.

분자식은 ____이며 구조식은 ____ 혹은 ____로 표시한다.

2) 페놀도 알콜과 마찬가지로 ____과 반응하여 염인 ___를 만든다. 페놀은 알콜과 달리 ____와도 반응하여 염을 만든다. 이것은 페놀이 ____을 나타내기때문이다.

3) 페놀의 벤졸고리에서의 치환반응은 ____에서보다 더 잘 일어나며 주로 ____, ____자리에서 일어난다.

4) 돌피와 같은 잡초들을 죽이는 ____을 ____라고 하며 농작물에 해를 주는 벌레를 죽이는 ____을 ____라고 부른다.

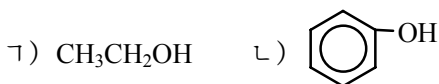
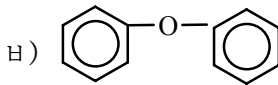
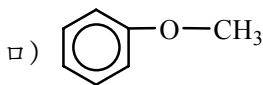
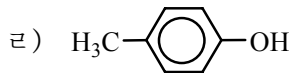
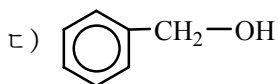
농약에는 이밖에도 ____와 ____가 있다.

2. 정확한것을 선택하여라.

1) 다음 물질들가운데서 페놀류에 속하는것은 ( )이다.

ㄱ) CH_3CH_2OH ㄴ) OH

ㄷ) CH_2-OH　　ㄹ) H_3C-　$-OH$

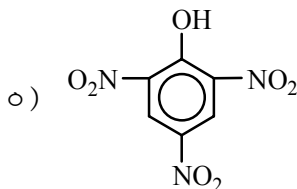
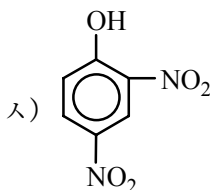
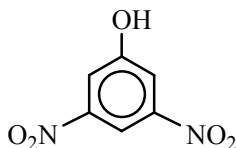
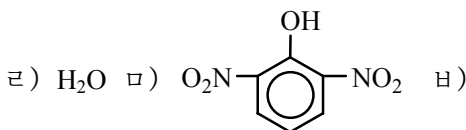
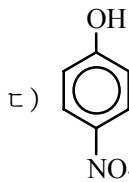
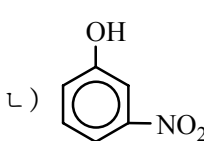
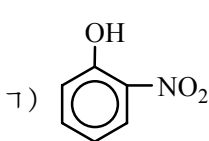
ㅁ) $-O-CH_3$　　ㅂ) $-O-$

2) 다음 물질들가운데서 가성소다와 반응하는것은 ( )이다.

ㄱ) C_6H_5OH ㄴ) C_2H_5OH ㄷ) HCl ㅁ) C_2H_6

3) 페놀에 질산을 작용시킬 때 생기는 물질은 ( )이다.

ㄱ) OH, NO_2　ㄴ) OH, NO_2　ㄷ) OH, NO_2

ㄹ) H_2O ㅁ) OH, O_2N, NO_2　ㅂ) OH, O_2N, NO_2

ㅅ) OH, NO_2, NO_2　ㅇ) OH, O_2N, NO_2, NO_2

3. 에틸알콜과 페놀의 구조에서 비슷한 점과 다른 점은 무엇인가?

4. 페놀수용액에 나트리움을 작용시키면 페놀라트가 얻어진다. 그러나 알콜라트를 얻자면 무수알콜에 나트리움을 작용시켜야 한다. 왜 그런가?

5. 맑은 나트리움페놀라트수용액에 이산화탄소를 불어넣으면 용액은 두 층으로 갈라지고 여기에 가성소다용액을 넣으면 하나의 맑은 용액으로 된다. 이 까닭을 화학반응식을 쓰고 설명하여라. 이 성질을 어디에 리용하겠는가?

6. 피크린산은 폭발물로 쓰인다. 피크린산 100kg을 얻자면 56% 질산용액 몇kg이 페놀과 작용해야 하는가?(답. 147.4kg)

7. 2,4-디 1t을 만들자면 순도가 78%인 페놀 몇kg이 필요한가?
(답. 545.3kg)

제3절. 알데히드, 케톤

포름알데히드 HCHO

생물실험실에서 자주 보게 되는 생물표본병 속의 액체는 포르말린이다.(그림 5-9)

포르말린은 포름알데히드의 35~40% 수용액이다.

포름알데히드는 코를 찌르는듯 한 냄새가 나는 기체(끓음점 -21℃)이며 물에 잘 용해된다.

포름알데히드의 구조식은 다음과 같다.

$$\mathrm{H-C(=O)-H}$$ 간단히 HCH=O 또는 HCHO

그림 5-9. 생물표본병

여기서 $\mathrm{-C(=O)-H}$ 를 알데히드기라고 부른다.

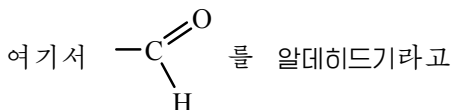
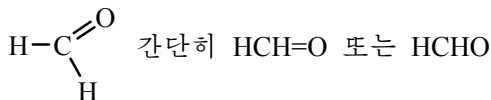
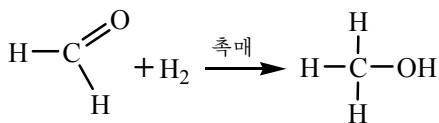
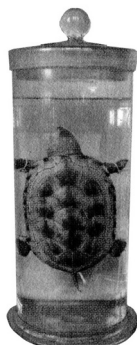
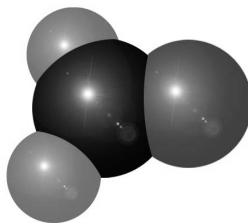



그림 5-10. 포름알데히드의 분자모형

포름알데히드의 화학성질은 알데히드기와 관계된다.

부가반응. 포름알데히드는 수소를 부가한다. 이때 메틸알콜이 얻어진다.

$$\mathrm{H-C(=O)-H} + \mathrm{H_2} \xrightarrow{\text{촉매}} \mathrm{H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-OH}$$

메틸알콜

? 포름알데히드에서 탄소의 산화수는 얼마인가? 우의 반응은 산화반응에 속하는가 환원반응에 속하는가?

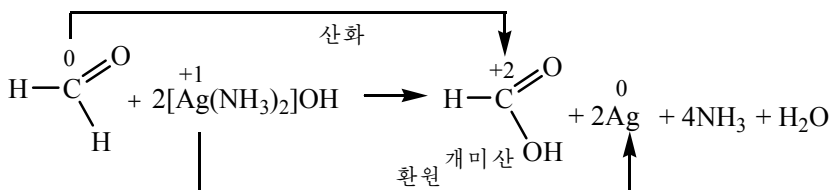
산화반응. 포름알데히드는 매우 쉽게 산화되여 개미산으로 된다.

약한 산화제인 산화은에 의해서도 산화된다. 포르말린에 산화은의 암모니아성용액을 작용시키면 은이 환원되여 유리벽에 나붙어 거울을 만든다.

$$\mathrm{H{-}\overset{0}{C}(=O){-}H} + 2[\overset{+1}{\mathrm{Ag}}(\mathrm{NH_3})_2]\mathrm{OH} \longrightarrow \mathrm{H{-}\overset{+2}{C}(=O){-}OH} + 2\overset{0}{\mathrm{Ag}} + 4\mathrm{NH_3} + \mathrm{H_2O}$$

산화

환원

개미산

그러므로 이 반응을 은거울반응이라고 부른다.

포름알데히드는 수산화동(Ⅱ)에 의해서도 산화된다.

포름알데히드의 산화

시험관에 4mL의 묽은 류산동용액을 넣고 스포이드로 묽은 가성소다용액을 푸른 침전물이 더는 생기지 않을 때까지 방울방울 넣는다.

여기에 1mL의 포르말린을 넣고 열을 준다.

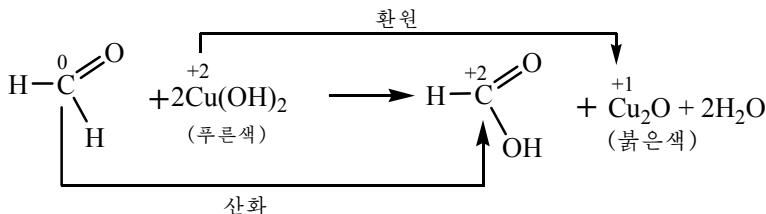
수산화동(Ⅱ)침전물의 색이 어떻게 변하는가를 본다.

포름알데히드는 푸른색의 수산화동(Ⅱ)을 붉은색의 산화동(Ⅰ)으로 환원시키고 자체는 산화된다.

$$\mathrm{H{-}\overset{0}{C}(=O){-}H} + 2\overset{+2}{\mathrm{Cu}}(\mathrm{OH})_2 \longrightarrow \mathrm{H{-}\overset{+2}{C}(=O){-}OH} + \overset{+1}{\mathrm{Cu_2}}\mathrm{O} + 2\mathrm{H_2O}$$

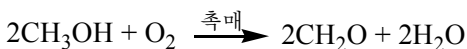
환원

(푸른색)　(붉은색)

산화

포르말린은 합성수지(페놀수지, 뇨소수지)를 만드는 원료로 쓰인다. 또한 비날론생산에서도 리용된다.

포르말린은 단백질을 응고시키는 성질이 있으므로 농약(종자소독액), 가죽이김약으로 쓰이며 생물표본을 만드는데도 쓰인다.

포름알데히드는 독성이 강하다. 특히 눈신경에 강한 자극을 준다.
포름알데히드는 메틸알콜을 공기(산소)로 산화하여 만든다.

$$2CH_3OH + O_2 \xrightarrow{\text{촉매}} 2CH_2O + 2H_2O$$

아세트알데히드 CH_3CHO

아세트알데히드는 찌르는듯 한 냄새를 가진 색이 없는 휘발성 액체이다.(끓음점 20.8℃, 녹음점 -124℃)

물이나 유기용매에 잘 용해된다.

아세트알데히드분자는 메틸기와 알데히드기로 이루어졌다.

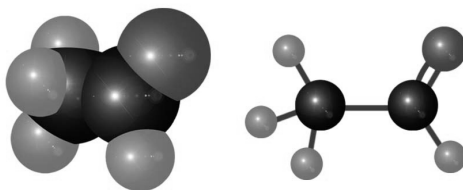
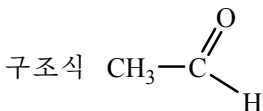



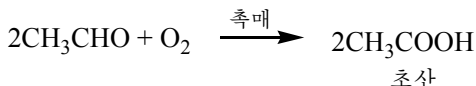
그림 5-11. 아세트알데히드의 분자모형

구조식

간단히 CH_3CHO

아세트알데히드에는 기능원자단인 알데히드기가 있다. 그러므로 포름알데히드와 같이 부가반응, 산화반응을 한다.

? 아세트알데히드의 은거울반응을 반응식으로 나타내고 산화, 환원과정을 설명하여라.

일정한 조건(온도, 촉매)에서 아세트알데히드를 산소로 산화시키면 초산이 얻어진다.

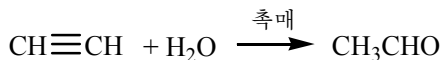
$$2CH_3CHO + O_2 \xrightarrow{\text{촉매}} \underset{\text{초산}}{2CH_3COOH}$$

공업에서는 이 반응을 리용하여 초산을 생산한다.

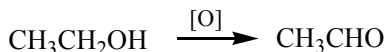
? 아세트알데히드로부터 에틸알콜을 얻을수 있는가? 반응식으로 설명하여라.

아세트알데히드는 유기합성공업의 중요한 원료로서 주로 초산,

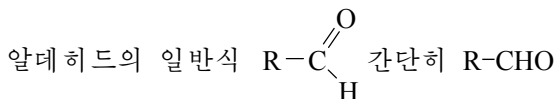
에틸알콜, 부틸알콜을 생산하는데 리용된다.

아세트알데히드는 공업적으로 아세틸렌에 물을 부가시켜 만든다.

$$CH \equiv CH + H_2O \xrightarrow{\text{촉매}} CH_3CHO$$

실험실에서는 에틸알콜을 중크롬산칼리움의 류산산성용액으로 산화시켜 만든다.

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow{[O]} CH_3CHO$$

알데히드

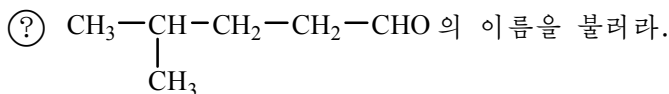
포름알데히드, 아세트알데히드와 같이 분자안에 알데히드기(-CHO)를 가지고있는 탄화수소유도체를 알데히드라고 부른다.

알데히드의 일반식 $R-C\overset{\displaystyle O}{\underset{\displaystyle H}{\diagup\!\!\diagdown}}$ 간단히 R-CHO

여기서 R는 탄화수소기이다. 원자단 $-\underset{\underset{\displaystyle O}{\|}}{C}-$ 를 카르보닐기라고 부른다.

※ 포름알데히드에서 R는 H이다.

포화알데히드는 포화탄화수소의 수소원자 하나가 알데히드기로 갈리운 탄화수소유도체이다.

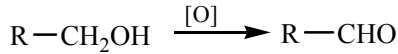
포화알데히드의 일반이름은 탄소수가 같은 포화탄화수소의 일반이름뒤에 《알》을 붙여준다.

? $CH_3-\underset{\underset{\displaystyle CH_3}{|}}{CH}-CH_2-CH_2-CHO$ 의 이름을 불러라.

포화알데히드에서 포름알데히드만 보통조건에서 기체이고 나머지는 액체이며 분자량이 큰 동족체는 고체이다.(표 5-3)

몇가지 포화알데히드동족체 표 5-3

화학식	습관이름	일반이름	끓음점/℃
HCHO	포름알데히드, 개미산알데히드	메타날	-21
CH_3CHO	아세트알데히드, 초산알데히드	에타날	+21
CH_3CH_2CHO	프로피온산알데히드	프로파날	+48.8
$CH_3CH_2CH_2CHO$	버터산알데히드	부타날	+75.7

포화알데히드는 1급알콜을 산화하여 만든다.

$$R-CH_2OH \xrightarrow{[O]} R-CHO$$

? 알데히드를 환원하면 어떤 물질이 얻어지는가?

알데히드의 특성은 쉽게 산화되는것이다. 산화은과 수산화동에 의한 산화반응은 색변화가 뚜렷하므로 알데히드를 검출하는데 쓰인다.

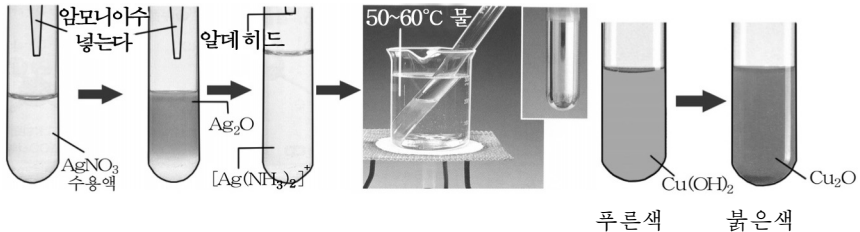



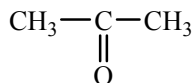
그림 5-12. 알데히드에 의한 은거울반응과 수산화동의 색변화

아세톤(디메틸케톤) CH_3COCH_3

아세톤은 신나냄새가 나는 색이 없는 액체(끓음점 56.5℃)이며 물에 잘 용해된다.

불붙기 쉽고 여러가지 유기물질을 잘 용해시키는 성질이 있다.

아세톤분자는 카르보닐기에 두개의 메틸기가 결합된 구조를 가진다.

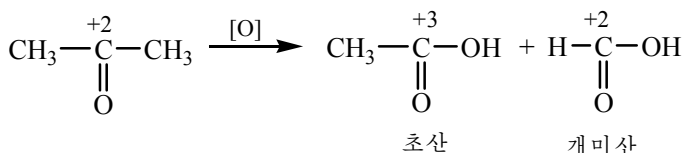
$$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3$$

아세톤분자에도 알데히드분자에서와 같이 탄소-산소사이에 2중결합이 있다.

? 아세톤에 수소가 부가되면 어떤 물질이 생기는가? 알데히드의 수소부가생성물과 같은 점, 다른 점을 찾아보아라.

아세톤은 알데히드보다 반응성이 약하다. 수산화동(Ⅱ)이나 산화은에 의하여 산화되지 않는다.

센 산화제($KMnO_4$)에 의해서만 산화되는데 이때 탄소사슬이 끊어진다.

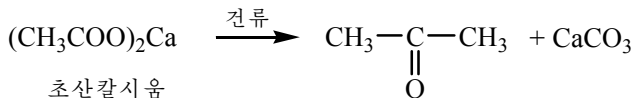
$$\underset{\underset{O}{\|}}{CH_3-\overset{+2}{C}-CH_3} \xrightarrow{[O]} \underset{\underset{O}{\|}}{CH_3-\overset{+3}{C}-OH} + \underset{\underset{O}{\|}}{H-\overset{+2}{C}-OH}$$

초산 개미산

아세톤은 유기물질을 잘 용해시키는 성질이 있으므로 유기용매로 널리 쓰인다. 아세톤은 직접 기름, 수지와 같은 물질을 용해시키는데 쓰이며 다른 용매들과 함께 신나의 기본성분으로 들어간다. 또한 유기유리를 비롯한 여러가지 유기물질을 합성하는데 쓰인다.

아세톤은 나무를 건류할 때 얻어지는 건류액속에 들어있다.

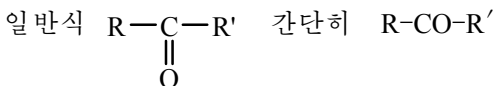
실험실에서는 초산칼시움을 건류하여 아세톤을 얻는다.

$$(CH_3COO)_2Ca \xrightarrow{건류} \underset{\underset{O}{\|}}{CH_3-C-CH_3} + CaCO_3$$

초산칼시움

? 2급알콜을 산화하여도 아세톤을 얻을수 있다. 어떤 2급알콜을 선택하여야 하는가?

케톤

아세톤과 같이 카르보닐기 $\underset{\underset{O}{\|}}{-C-}$ 에 두개의 탄화수소기가 결합된 화합물을 케톤이라고 부른다.

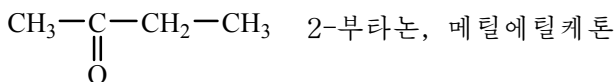
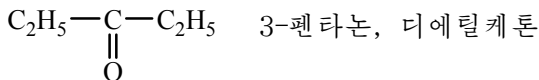
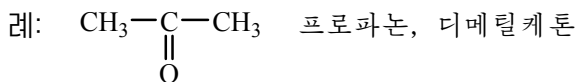
일반식 $\underset{\underset{O}{\|}}{R-C-R'}$ 간단히 R-CO-R′

케톤의 일반이름은 탄소수가 같은 탄화수소의 일반이름뒤에

《온》을 붙여 부른다.

또한 두개의 탄화수소기의 이름을 부르고 《케톤》을 붙여 부른다.(습관이름)

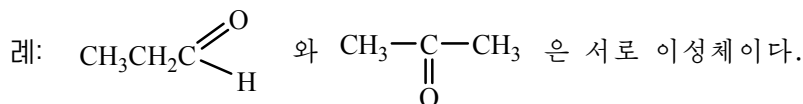
례: $CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3$ 프로파논, 디메틸케톤

$C_2H_5-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-C_2H_5$ 3-펜타논, 디에틸케톤

$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_2-CH_3$ 2-부타논, 메틸에틸케톤

? 2-부타논에 수소를 부가하면 어떤 물질이 생기는가?

케톤은 2급알콜을 산화하여 만든다.

알데히드와 케톤은 이성체관계에 있다.

례: $CH_3CH_2C(=O)H$ 와 $CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3$ 은 서로 이성체이다.

알데히드와 케톤의 반응성비교 표 5-4

구분	부가반응	산화반응
알데히드	$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-H + H_2 \xrightarrow{촉매} CH_3-CH_2-OH$ 아세트알데히드 1급알콜	은거울반응을 쉽게 한다.
케톤	$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3 + H_2 \xrightarrow{촉매} CH_3-\underset{\underset{OH}{\|}}{CH}-CH_3$ 아세톤 2급알콜	은거울반응을 하지 않는다. 센 산화제에 의해서만 산화된다.

문 제

1. 빈칸에 알맞는 글을 써넣어라.

1) 알데히드의 분자구조에는 ____결합이 있다. 그러므로 에틸렌처럼 ____반응을 한다.

2) 알데히드의 수소부가생성물은 ____이며 케톤의 수소부가생성물은 ____이다. 수소를 부가하는 과정은 ____과정이다.

3) 아세톤의 구조식은 ____이며 카르보닐기에 두개의 ____가 결합되여있다.

4) 알데히드는 _____알콜을 산화시켜 만들며 케톤은 ____알콜을 산화시켜 만든다.

5) 아세트알데히드를 산화하면 _____이 생긴다.

2. 정확한것을 선택하여라.

1) 어떤 물질의 수소부가생성물이 $\underset{\displaystyle CH_3}{CH_3\overset{|}{C}HCH_2OH}$ 라면 그 물질은 ( )이다.

ㄱ) 에틸알콜의 동족체 ㄴ) 프로파놀의 이성체

ㄷ) 부타날의 이성체 ㄷ) 아세트알데히드의 동족체

2) 다음의 시약들가운데서 은거울반응을 한 시험관을 씻을수 있는것은 ( )이다.

ㄱ) 염산 ㄴ) 질산 ㄷ) 가성소다용액 ㄹ) 증류수

3. 프로피온산알데히드와 아세톤의 분자구조와 반응에서 비슷한 점과 다른 점을 설명하여라.

4. 아세톤을 얻으려면 다음의 할로겐화알킬들가운데서 어느 물질을 선택하고 어떤 방법을 써야 하는가?

ㄱ) $CH_3-CH_2-CH_2-Br$ ㄴ) $CH_3-\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}}-CH_3$

ㄷ) $CH_3-\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}}-\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH_2}}$

5. 은거울반응이 일어날 때 0.01mol의 은이 얻어졌다면 포름알데히드는 몇g이나 반응하였겠는가? (답. 0.15g)

6. 40%의 포름알데히드수용액(포르말린) 10t을 만들려면 메틸알콜

이 몇t 필요한가?(답. 4.27t)

7. 두 시험관에 아세트알데히드와 아세톤이 각각 들어있다. 어느 시험관에 무엇이 들어있는지 어떻게 알수 있는가?

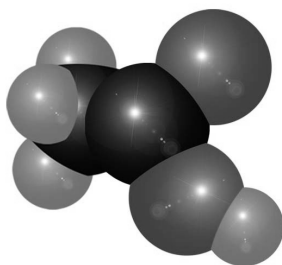
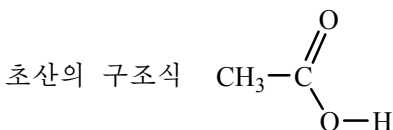
8. 아세트알데히드 100kg으로 96% 에틸알콜 몇kg을 만들수 있는가? 거둠률은 85%이다.(답. 92.6kg)

제4절. 카르본산

초산 CH_3COOH

그림 5-13. 초산의 분자모형

ⓘ 식초에서 신맛을 내는 물질은 무엇인가?

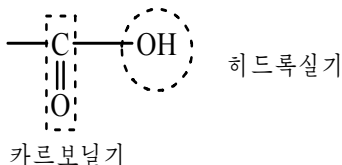
초산의 구조식 $CH_3-C(=O)-O-H$

간단히 CH_3COOH

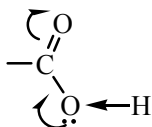
여기서 $-C(=O)-OH$ 를 카르복실기라고 부른다.

초산은 메탄의 수소원자 하나가 카르복실기로 갈리운 탄화수소의 유도체이다.

카르복실기는 카르보닐기와 히드록실기로 이루어졌다.

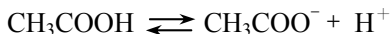
$-C(=O)-OH$ 히드록실기

카르보닐기

원소의 전기음성도차로부터 공유전자쌍의 쏠림은 다음과 같다.

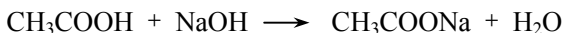
$-C(=O)-O \leftarrow H$

초산의 성질은 기능원자단인 카르복실기와 관련된다.

산성. 초산은 산의 성질을 나타낸다.

초산은 물속에서 해리되며 리트머스의 색을 붉은색으로 변화시킨다.

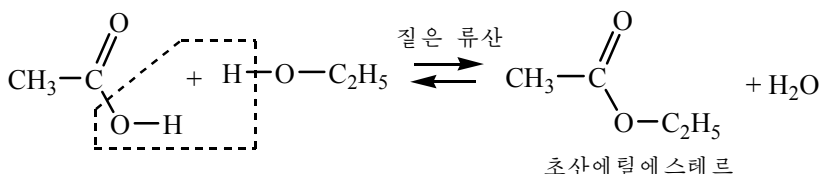
$$CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COO^- + H^+$$

초산은 약한 산이며 1가산이다.

초산은 금속 및 알카리와 반응하여 염을 만든다.

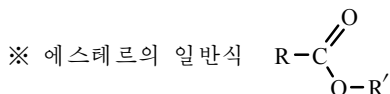
$$CH_3COOH + NaOH \longrightarrow \underset{\text{초산나트리움}}{CH_3COONa} + H_2O$$

ⓘ 초산과 마그네시움과의 반응을 화학반응식으로 나타내여라.

알콜과의 반응. 초산의 중요한 화학성질은 알콜과 반응하여 에스테르를 만드는것이다.

질은 류산(촉매)이 있는데서 초산과 에틸알콜이 반응하면 초산에틸에스테르가 생긴다.

$$CH_3-C(=O)-OH + H-O-C_2H_5 \xrightleftharpoons{\text{질은 류산}} \underset{\text{초산에틸에스테르}}{CH_3-C(=O)-O-C_2H_5} + H_2O$$

초산에틸에스테르(간단히 초산에틸이라고 한다.)는 향기로운 냄새를 가진 투명한 기름모양의 액체이며 물에 잘 용해되지 않는다.

산과 알콜이 반응하여 물이 떨어지면서 생기는 물질을 에스테르라고 부르며 에스테르가 생기는 반응을 에스테르화반응이라고 부른다.

※ 에스테르의 일반식 $R-C(=O)-O-R'$

ⓘ 초산과 부틸알콜이 반응하여 초산부틸이 생기는 반응을 화학반응식으로 나타내여라.

초산에틸이나 초산부틸은 향기를 내므로 향료로 쓰인다.

초산은 우리 생활과 화학공업에서 중요하게 리용된다.(그림 5-14)

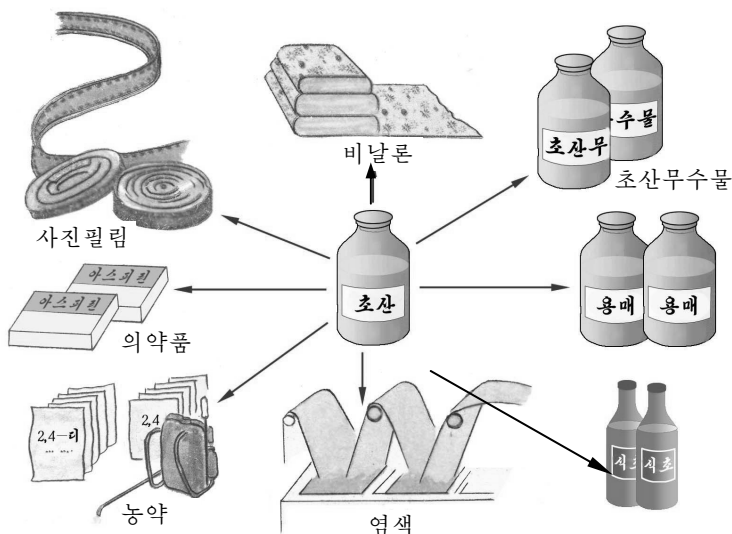
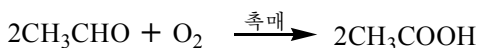



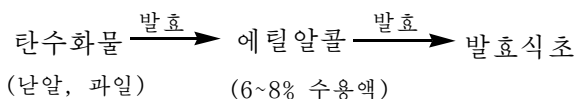
그림 5-14. 초산의 용도

초산은 여러가지 방법으로 만든다.

공업에서는 아세트알데히드를 촉매가 있는데서 산소로 산화시켜 만든다.

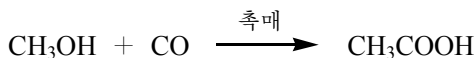
$$2CH_3CHO + O_2 \xrightarrow{\text{촉매}} 2CH_3COOH$$

? 아세틸렌으로부터 초산을 얻는 과정을 화학반응식으로 나타내여라.

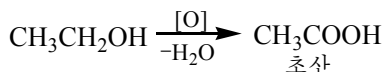
초산은 또한 발효법으로도 만든다.

$$\underset{(\text{낟알, 과일})}{\text{탄수화물}} \xrightarrow{\text{발효}} \underset{(6\sim8\%\ \text{수용액})}{\text{에틸알콜}} \xrightarrow{\text{발효}} \text{발효식초}$$

발효식초는 사람의 건강에 아주 좋은 조미료이다.

촉매가 있는데서 메틸알콜에 일산화탄소를 작용시키면 초산이

얻어진다.

$$CH_3OH + CO \xrightarrow{\text{촉매}} CH_3COOH$$

초산은 또한 에틸알콜을 과망간산칼리움이나 중크롬산칼리움의 산성용액속에서 산화시켜 만든다.

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow[-H_2O]{[O]} \underset{\text{초산}}{CH_3COOH}$$

카르본산

탄화수소의 수소원자가 카르복실기로 갈리운 탄화수소유도체를 카르본산이라고 부른다.

몇가지 카르본산 표 5-5

분류	습관이름	구조식	녹음점 /℃	끓음점 /℃	있는 곳
포화카르본산	개미산	H-COOH	8	101	개미, 꿀벌, 모기
	초산	CH_3-COOH	17	118	식초
	프로피온산	CH_3-CH_2-COOH	-22	141	시여진 젖
	버터산	$CH_3-(CH_2)_2-COOH$	-7.9	164	시여진 빠다
	팔미틴산	$CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$	64	_	동물성기름
	스테아린산	$CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$	69	_	동물성기름
	싱아산	HOOC-COOH	190	_	싱아
불포화 카르본산	올레인산	$CH_3-(CH_2)_7-CH==CH-(CH_2)_7-COOH$	14	-	식물성기름
방향족 카르본산	안식향산	C_6H_5-COOH	122	250	동식물유기체와 배설물

포화카르본산은 포화탄화수소의 수소원자 하나가 카르복실기로 갈리운 화합물이다.

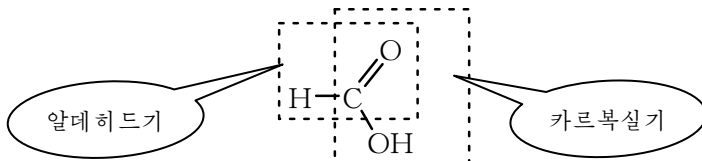
포화카르본산의 일반이름은 탄소수가 같은 포화탄화수소의 일반이름뒤에 《산》을 붙여 부른다.

례: CH_3CH_2COOH 프로판산

포화카르본산은 초산과 비슷한 화학성질을 가진다.

ⓘ 개미산의 산성과 에스테르화반응을 화학반응식으로 설명하여라.

일반적으로 카르본산은 산화되기 힘들지만 개미산만은 쉽게 산화된다.

개미산은 카르본산인 동시에 알데히드이다.

ⓘ 개미산에 의한 은거울반응을 화학반응식으로 쓰라.

개미산은 포화카르본산가운데서 산성이 제일 세며 부식성이 있다.

모기나 꿀벌에 쏘였을 때

자연계에 있는 적지 않은 곤충(개미, 모기, 꿀벌)들에는 개미산이 있다.

모기나 꿀벌에 쏘이면 근육에 들어온 개미산에 의하여 피부가 벌겋게 되며 부풀어오른다. 여기에 암모니아수를 바르거나 된장, 간장을 바르면 개미산이 중화되기때문에 쓰리고 아픈감도 적어지고 점차 부은것도 가라앉는다.

고급카르본산은 분자안에 탄소원자수가 많은(10개이상) 카르본산이다.

팔미틴산과 스테아린산, 올레인산은 고급카르본산이다.

고급카르본산가운데서 팔미틴산($C_{15}H_{31}COOH$), 스테아린산($C_{17}H_{35}COOH$)과 같은 포화카르본산은 고체이며 올레인산

($C_{17}H_{33}COOH$)과 같은 불포화카르본산은 액체이다. 고급카르본산은 물에 용해되지 않는다.

고급카르본산에 가성소다를 작용시키면 염이 생긴다.

례: $C_{17}H_{35}COOH + NaOH \rightarrow C_{17}H_{35}COONa + H_2O$

스테아린산 스테아린산나트리움

고급카르본산의 나트리움염은 물에 잘 용해되며 세척작용을 한다. 그러므로 이것들은 고체비누로 쓰인다.

※ 고급카르본산의 Mg이나 Ca의 염은 물에 용해되지 않는다. 경수에서 세척작용이 약해지고 거품이 잘 일지 않는것은 물에 용해되지 않는 Ca, Mg의 염이 생기기때문이다.

? 올레인산에는 탄소-탄소사이 2중결합이 있다. 올레인산에 브롬이 부가하는 반응을 화학반응식으로 쓰라.

액체상태의 올레인산에 촉매가 있는데서 수소를 부가하면 고체상태의 스테아린산이 생긴다.

문 제

1. 빈칸에 알맞는 글을 써넣어라.
   1) 초산은 조미료인 ____의 기본성분이다. 물에서의 해리방정식은 ____이다. 초산의 산성은 탄산보다 ____.
   2) 초산은 _____산이기때문에 초산 1mol은 금속나트리움 ____mol과 반응한다.
   3) 초산과 기타 카르본산은 알콜과 반응하여 _____를 만든다. 촉매는 ____이다. 류산이 있는데서 산과 ____과의 반응을 ____화반응이라고 부른다.
   4) 카르본산은 _____되기 힘들지만 _____산만은 쉽게 산화되여 ____으로 된다. 실례로 초산은 은거울반응을 하지 않지만 ____은 은거울반응을 한다.

2. 정확한것을 선택하여라.

1) 다음 물질들가운데서 산성이 제일 큰것은 ( )이다.

ㄱ) H_2SO_4, CH_3COOH, (페놀 구조식: 벤젠고리-OH), CH_3CH_2OH

ㄴ) CH_3COOH, CH_3CH_2COOH, HCOOH

2) 다음 물질들가운데서 물에 제일 잘 용해되는것은 ( )이며 물에 제일 잘 용해되지 않는것은 ( )이다.

ㄱ) 초산 ㄴ) 스테아리산 ㄷ) 버터산

3) 30g의 초산과 46g의 에틸알콜이 반응하여 생기는 초산에틸에스테르는 ( )이다. 거둠률은 67%이다.

ㄱ) 29.5g ㄴ) 44g ㄷ) 74.8g ㄹ) 88g

3. 초산과 개미산의 화학성질에서 비슷한 점과 다른 점을 설명하여라.

4. 다음의 변화를 화학반응식으로 쓰라.

$$CH_3OH \rightarrow HCHO \rightarrow HCOOH \rightarrow HCOOC_2H_5$$

5. 다음 물질들을 어떻게 화학적으로 갈라보겠는가?

ㄱ) 포름알데히드, 개미산, 초산

ㄴ) 메틸알콜, 개미산, 프로피온산

6. 포화카르본산가운데서 개미산의 산성이 특별히 세다. 그 원인은 무엇인가?

7. 순도가 98%인 카바이드 1t으로부터 70% 초산용액 몇kg을 만들수 있는가?(답. 1 312.5kg)

8. 어떤 화합물 A는 세가지 원소 C, H, O로 이루어졌다.

1mol의 A가 완전히 연소되는데 O_2가 4mol 필요하다. A는 금속나트리움과 반응하지 않으며 산화제에 의하여 B로 된다.

0.37g의 B는 0.2mol/L NaOH용액 25mL와 완전히 반응한다.

화합물 A와 B의 시성식을 확정하여라.

제5절. 니트로화합물과 아민

니트로화합물

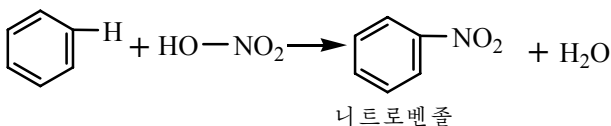
탄화수소의 수소원자가 니트로기($-NO_2$)로 갈리운 화합물을 니트로화합물이라고 부른다.

널리 쓰이는 니트로화합물은 방향족니트로화합물이다.

ⓘ 방향족니트로화합물이란 무엇인가를 자기 말로 이야기해보아라.

니트로벤졸($C_6H_5NO_2$)은 공업의 중요한 원료이다.

질은 류산이 있는데서 벤졸에 질은 질산을 작용시켜 만든다.

$$C_6H_5-H + HO-NO_2 \longrightarrow C_6H_5-NO_2 + H_2O$$

니트로벤졸

니트로벤졸은 색이 없거나 누런색을 띤 기름모양의 액체이다.

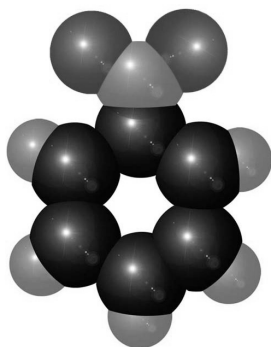
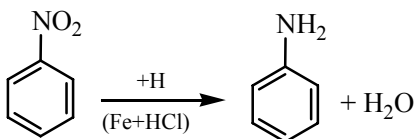
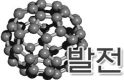
물보다 무거우며 물에 잘 용해되지 않고 유기용매에 잘 용해된다.

니트로벤졸증기는 유독하다.

니트로벤졸은 어떤 반응을 하는가.

그림 5-15. 니트로벤졸의 분자모형

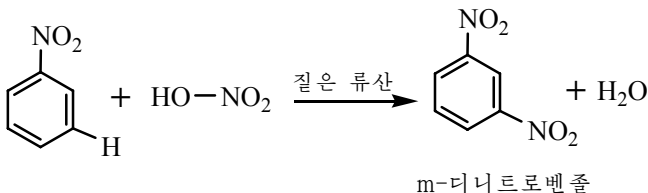
환원반응. 니트로벤졸을 수소로 환원하면 니트로기가 환원된다. 이때 아닐린이 얻어진다.

$$C_6H_5-NO_2 \xrightarrow[(Fe+HCl)]{+H} C_6H_5-NH_2 + H_2O$$

아닐린은 물감만드는 원료로 쓰인다.

치환반응. 니트로벤졸에서의 치환반응은 벤졸에서보다 힘들게 일어난다. 그것은 기능원자단 $-NO_2$의 영향으로 벤졸고리의 전자밀도가 작아지기때문이다.

치환반응은 주로 m-자리에서 일어난다.

$$C_6H_5NO_2 + HO-NO_2 \xrightarrow{\text{질은 류산}} C_6H_4(NO_2)_2 + H_2O$$

m-디니트로벤졸

? 니트로벤졸의 브롬화반응을 화학반응식으로 나타내여라.

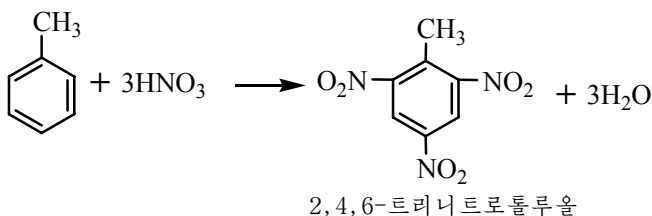
= 벤졸고리에서의 정위성규칙(2)

니트로기와 같이 벤졸고리의 전자밀도를 작게 해주는 원자단은 불활성기이다.

불활성기; $-NO_2$, $-SO_3H$, $-CHO$, $-COOH$

불활성기를 가진 벤졸유도체에서 치환반응은 매우 힘들며 일어나는 경우 m-자리에서 일어난다.

트리니트로톨루올(TNT)은 톨루올을 니트로화하여 만든다.

$$C_6H_5CH_3 + 3HNO_3 \longrightarrow C_6H_2(CH_3)(NO_2)_3 + 3H_2O$$

2,4,6-트리니트로톨루올

트리니트로톨루올(트로틸이라고도 부른다.)은 누런색의 결정이며 센 폭발력이 있기때문에 폭발물로 쓰인다.

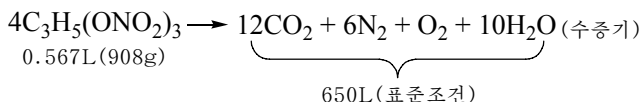
폭발물

폭발물은 경제건설과 국방건설에서 없어서는 안될 물질이다.

폭발물은 공기가 없는데서도 매우 짧은 순간에 많은 기체와 열을 내면서 분해되는 물질이다.

나무나 휘발유 같은것은 공기(산소)가 있어야 불타지만 폭발물은 자체내에 산소를 많이 가지고있으므로 공기없는 땅속이나 물속에서도 폭발한다.

례를 들어 니트로글리세린 $C_3H_5(ONO_2)_3$은 폭발할 때 산소를 비롯한 기체물질을 만들기때문에 체적이 1 000배이상으로 불어난다.

$$\underset{0.567L(908g)}{4C_3H_5(ONO_2)_3} \longrightarrow \underbrace{12CO_2 + 6N_2 + O_2 + 10H_2O}_{650L(\text{표준조건})}\ (\text{수증기})$$

그러므로 폭발물은 큰 바위도 순간에 깰수 있는 굉장한 에네르기를 낼수 있다.

— 폭발물이 되기 위한 조건

① 분해속도가 매우 빨라야 한다.
② 분해될 때 많은 량의 기체가 생겨야 한다.
③ 분해될 때 많은 열을 내야 한다.

폭발물은 용도에 따라 파괴약, 발사약, 점화약으로 나눈다.(그림 5-16)

이밖에 연막탄, 조명탄, 신호탄, 축포탄 같은것들이 있다.

파괴약(폭약)-재움약과 폭파약을 통털어 파괴약이라고 부른다.
재움약-포탄, 폭탄, 수류탄, 지뢰 같은것을 터치기 위하여 재우는 폭발물(트로틸, 피크린산)
폭파약-굳은 물질을 마스는데 쓰이는 폭발물(다이나마이트)

재움약

다이나마이트

다이나마이트-니트로글리세린이 7%이상 들어있는 폭파약

례: 질산암모니움 61%
니트로글리세린 30%
질산섬유소 1%
톱밥 8%

발사약(화약)-포탄, 탄알, 로케트 같은것을 날아가게 하는데 쓰이는 폭발물(무연화약, 흑색화약)

여러가지 모양의 무연화약
※ 무연화약-질산섬유소를 에테르, 아세톤 또는 니트로글리세린과 섞어갠것

흑색화약
(도화선 심약)

도화선

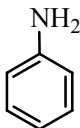
점화약-약한 바깥작용에 의해서도 쉽게 폭발하면서 잇닿은 폭발물에 불을 달아주는 폭발물. 뢰관, 신관에 쓰인다. [질화연 $Pb(N_3)_2$, 뢰홍 $Hg(CNO)_2$]

※ 흑색화약-KNO_3, S, C(숯)를 섞은것

그림 5-16. 폭발물의 분류

아민

암모니아의 수소원자가 탄화수소기로 갈리운 암모니아유도체를 아민이라고 부른다.

대표적인 아민은 아닐린이다.

아닐린

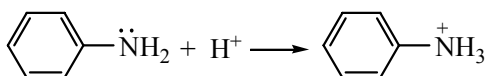
아닐린은 벤졸의 수소원자 하나가 아미노기($-NH_2$)로 갈리운 탄화수소의 유도체이다.

아닐린은 색이 없는 기름모양의 액체이며 물에 적게 용해된다.

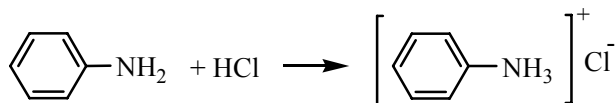
아닐린증기는 매우 유독하다. 공기속에서 일부 산화되여 흔히 밤색을 띤다.

ⓘ 아닐린과 암모니아의 구조에서 비슷한 점과 다른 점은 무엇인가?

아닐린은 염기성을 나타낸다. 그것은 질소원자에 비공유전자쌍이 있기때문이다.

$$C_6H_5-\ddot{N}H_2 + H^+ \longrightarrow C_6H_5-\overset{+}{N}H_3$$

(비교: $NH_3 + H^+ = \overset{+}{N}H_4$)

아닐린은 암모니아보다 염기성이 훨씬 약하다. 그러므로 센산과만 반응하여 염을 만든다.

$$C_6H_5-NH_2 + HCl \longrightarrow [C_6H_5-NH_3]^+Cl^-$$

아닐린염산염

ⓘ 아닐린의 벤졸고리에서 치환반응이 일어날 때 어떤 생성물이 주로 생기겠는가?

아닐린은 여러가지 물감, 의약품을 만드는 원료로 쓰인다.

문 제

1. 빈칸에 알맞는 글을 써넣어라.

1) 탄소원자와 직접 결합한 ____기를 가진 탄화수소유도체를 니트로화합물이라고 부른다. 니트로벤졸의 시성식은 ____이다.

2) 아닐린분자에서는 ____고리에 ____기가 직접 결합되여있다.

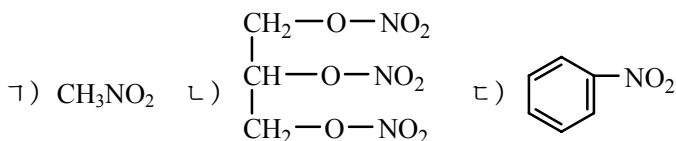
3) 니트로벤졸의 치환반응은 주로 ____자리에서 일어나며 아

닐린의 치환반응은 주로 ____자리에서 일어난다. 그러므로 니트로벤졸의 브롬화반응생성물의 구조식은 ____이며 아닐린의 브롬화반응생성물의 구조식은 ____이다.

4) 방향족화합물에서 폭발물로 쓰이는 대표적인 물질은 ___과 ____이다.

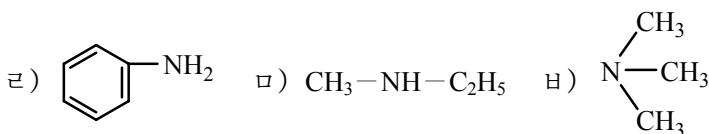
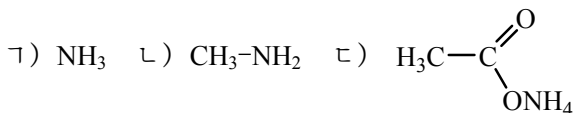
2. 정확한것을 선택하여라.

1) 다음 물질들가운데서 니트로화합물은 ( )이다.

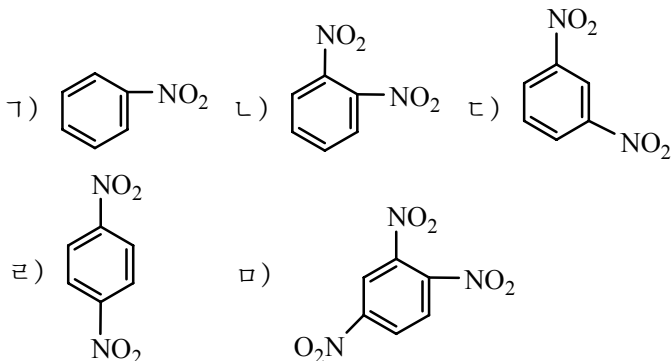
ㄱ) CH_3NO_2 ㄴ) CH_2-O-NO_2 / $CH-O-NO_2$ / CH_2-O-NO_2 ㄷ) $C_6H_5-NO_2$

ㄹ) HNO_3 ㅁ) $CH_2=CH-CH_2-NO_2$ ㅂ) $NaNO_2$

2) 다음 물질들가운데서 아민은 ( )이다.

ㄱ) NH_3 ㄴ) CH_3-NH_2 ㄷ) $H_3C-C(=O)-ONH_4$

ㄹ) $C_6H_5-NH_2$ ㅁ) $CH_3-NH-C_2H_5$ ㅂ) $N(CH_3)_3$

3) 짙은 류산이 있는데서 벤졸에 짙은 질산을 작용시킬 때 생기는 물질은 ( )이다.

ㄱ) $C_6H_5-NO_2$ ㄴ) o-$C_6H_4(NO_2)_2$ ㄷ) m-$C_6H_4(NO_2)_2$

ㄹ) p-$C_6H_4(NO_2)_2$ ㅁ) $C_6H_3(NO_2)_3$ (1,2,4-)

3. 다음 물질들가운데서 염기를 찾고 염기란 무엇인가를 이야기해

보아라.

ㄱ) NaOH ㄴ) KCl ㄷ) NH_3 ㄹ) CH_3OH ㅁ) CH_3NH_2

ㅂ) $Ca(OH)_2$ ㅅ) $C_6H_5-NH_2$

4. 석탄으로부터 다음 물질을 어떻게 만들수 있는가?

ㄱ) 니트로벤졸 ㄴ) 아닐린

5. 실험실에서 벤졸 39g을 니트로화하여 55g의 니트로벤졸을 얻었다. 니트로벤졸의 거둠률을 구하여라.(답. 89.4%)

6. 아닐린 한통의 질량은 200kg이고 그 순도는 99%이다. 이런 아닐린 한통을 만들려면 니트로벤졸 몇kg이 필요한가? 니트로벤졸은 70%가 반응한다.(답. 374.1kg)

제6절. 유기화합물의 특성과 분류

유기화합물의 특성

첫째로, 유기화합물을 이루는 원소의 수는 매우 적다.

모든 유기화합물에는 탄소원소가 있다. 그러므로 유기화합물을 탄소의 화합물이라고도 부른다.

※ 탄소의 화합물들가운데서 CO, CO_2, 탄산염, 시안산염은 유기화합물이 아니다.

유기화합물에는 탄소원소외에 수소, 산소, 류황, 질소, 염소, 브롬을 비롯한 몇가지 원소들도 들어있다.

유기화합물가운데서 조성이 제일 간단한 물질은 탄화수소이다.

탄화수소는 탄소원소와 수소원소로 이루어졌으며 알콜, 알데히드, 케톤, 카르본산은 탄소, 수소, 산소원소로 이루어졌다.

Ⓟ 무기물질은 몇가지 화학원소로 이루어졌는가?

둘째로, 유기화합물의 수는 무기화합물의 수보다 훨씬 더 많다.

실례로 유기화합물에서 C_nH_{2n+2}로 표시되는 동족체는 아주 많다.

또한 유기화합물에는 분자식은 같으나 구조가 다른 이성체들도 존재한다.

이처럼 무기화합물과 달리 유기화합물에서는 동족현상, 이성현상이 나타나므로 그 수는 대단히 많다.

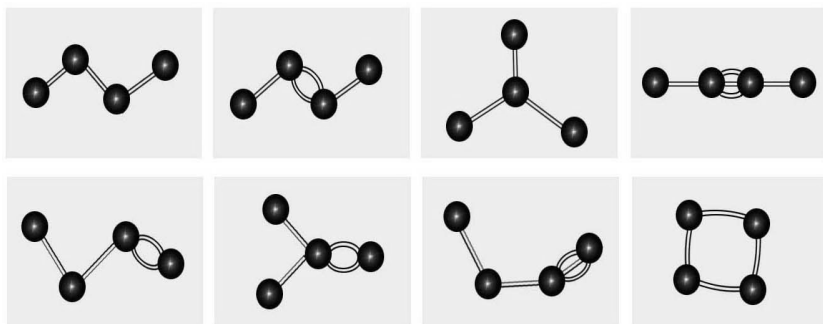



그림 5-17. 유기화합물의 종류가 많은 원인

셋째로, 유기화합물에서 원자들사이의 결합은 대체로 공유결합이다.

거의 모든 유기화합물은 전기음성도가 같거나 비슷한 음성원소들로 이루어진다.

그러므로 원자들사이의 결합은 공유결합이며 유기화합물은 분자성화합물이다.

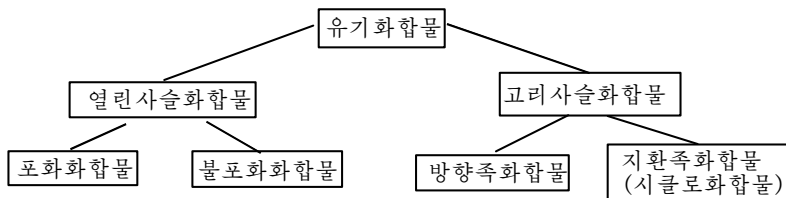
넷째로, 유기화합물은 같은 분자량을 가진 무기화합물에 비하여 녹음점, 끓음점이 매우 낮다. 물에 잘 용해되지 않고 벤졸, 휘발유 같은 유기용매에 잘 용해된다.

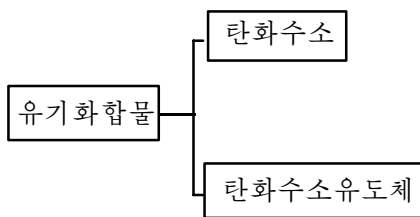
다섯째로, 거의 모든 유기물질은 불타며 이때 CO_2과 H_2O가 생긴다.

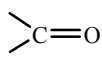
그리고 유기화합물의 반응은 매우 느리고 끝까지 일어나지 않는것이 특징이다.

유기화합물의 분류 및 호상관계

유기화합물은 그 가지수가 아무리 많아도 몇가지로 나눌수 있다.

유기화합물은 탄소사슬의 모양에 따라 열린사슬화합물과 고리사슬화합물로 나눌수 있다.

? 포화화합물, 불포화화합물, 방향족화합물의 실례를 각각 두가지씩 들어라.

유기화합물은 또한 탄화수소와 그 유도체로 나눈다.

? 탄화수소에는 어떤것들이 있는가?

탄화수소의 유도체는 탄화수소의 수소원자가 어떤 기능원자단으로 갈리웠는가에 따라 몇가지로 나눈다.(표 5-6)

탄화수소의 유도체에는 한 분자안에 여러개의 기능원자단이 있는것도 있다.

례:

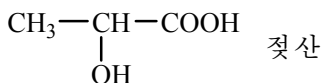
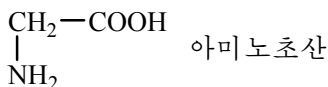
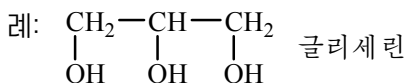
$$\begin{array}{ccccc} CH_2 & - & CH & - & CH_2 \\ | & & | & & | \\ OH & & OH & & OH \end{array}$$

글리세린

$$\begin{array}{ccc} CH_2 & - & COOH \\ | & & \\ NH_2 & & \end{array}$$

아미노초산

$$\begin{array}{ccccc} CH_3 & - & CH & - & COOH \\ & & | & & \\ & & OH & & \end{array}$$

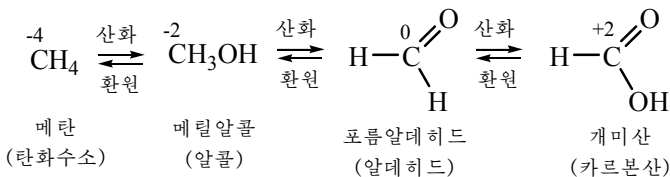
젖산

이처럼 유기화합물은 탄소사슬의 모양과 구조 그리고 기능원자단의 종류와 개수에 따라 나눈다.

탄화수소의 유도체 표 5-6

기능원자단	탄화수소 유도체	례
$-X$: $-F$, $-Cl$, $-Br$, $-I$	할로겐 유도체	CH_3Cl(염화메틸) $CH_2=CH-Cl$(염화비닐)
$-OH$	알콜, 페놀	C_2H_5OH(에틸알콜) C_6H_5-OH (페놀)
$-C(=O)H$	알데히드	CH_3CHO(아세트알데히드)
$>C=O$	케톤	$H_3C-C(=O)-CH_3$ (아세톤)
$-COOH$	카르본산	CH_3COOH (초산)
$-NO_2$	니트로 화합물	$C_6H_5-NO_2$ (니트로벤졸)
$-NH_2$	아민	$C_6H_5-NH_2$ (아닐린)
$-SO_3H$	술폰산	$C_6H_5-SO_3H$ (벤졸술폰산)

탄화수소, 알콜, 알데히드(케톤) 및 카르본산은 유기화합물에서 기본을 이루며 서로 밀접한 관계가 있다.

$$\overset{-4}{CH_4} \underset{\text{환원}}{\overset{\text{산화}}{\rightleftarrows}} \overset{-2}{CH_3OH} \underset{\text{환원}}{\overset{\text{산화}}{\rightleftarrows}} H-\overset{0}{C}(=O)-H \underset{\text{환원}}{\overset{\text{산화}}{\rightleftarrows}} H-\overset{+2}{C}(=O)-OH$$

메탄 (탄화수소) — 메틸알콜 (알콜) — 포름알데히드 (알데히드) — 개미산 (카르본산)

카르본산은 쉽게 산화되지 않는다.
그러나 완전히 산화시키면 무기물질인 CO_2과 H_2O로 된다.
즉 카르본산은 유기화합물의 마지막 산화생성물이다.

문 제

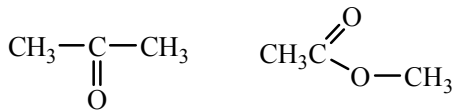
1. 유기화합물과 관계되는 설명가운데서 정확한것은 (   )이다.
ㄱ) 탄소를 포함하는 화합물은 다 유기화합물에 속한다.
ㄴ) 휘발유, 알콜, 벤졸 등 유기용매에 비교적 쉽게 용해된다.

2. 빈칸에 알맞는 글을 써넣어라.
1) 유기화합물을 이루는 기본원소는 _____와 _____이며 이밖에 ____, ____, ____, ____원소도 들어있다.
2) 유기화합물을 이루는 원소의 수는 _____지만 유기화합물의 종류는 무기화합물보다 ____.
3) 유기화합물에서 거의 모든 결합은 ____결합이며 따라서 유기화합물은 분자로 이루어진 물질이다. 유기화합물은 무기화합물에 비해 녹음점과 끓음점이 일반적으로 ____.
4) 거의 모든 유기화합물은 불타며 이때 ____와 ____을 생성한다.
5) 유기화합물은 ____모양에 따라 나누기도 하고 ____의 종류에 따라 나누기도 한다.

3. 유기화합물의 종류가 많다는것을 실례를 들어 설명하여라.

4. 아래의 탄화수소유도체들가운데서 서로 이성체관계에 있는것을 찾아라.

C_2H_5OH, CH_3CH_2CHO, C_2H_5COOH, CH_3-O-CH_3,

$CH_3-C(=O)-CH_3$, $CH_3C(=O)-O-CH_3$

5. 유기화합물의 조성에 탄소와 수소가 있다는것을 어떤 실험으로 알아볼수 있는가?

6. 다음 변화를 화학반응식으로 쓰고 탄소원소의 산화수변화를 밝혀라.

$$C_2H_6 \longrightarrow C_2H_5Br \longrightarrow C_2H_5OH \longrightarrow CH_3CHO \longrightarrow CH_3COOH$$

장 종 합

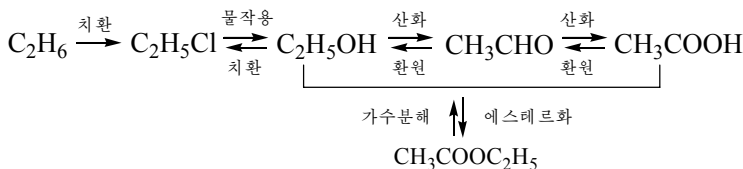
기능원자단

그 물질의 화학성질을 기본적으로 규정하는 원자나 원자단

기능원자단	물질	례	기본반응
−X: −F, −Cl, −Br, −I	할로겐 유도체	CH_3Cl, $CH_2{=}CH{-}Cl$ (염화메틸) (염화비닐)	반응성이 강하다. X^-가 떨어지고 OH^-가 치환된다.
−OH 히드록실기	알콜	CH_3OH, C_2H_5OH (메틸알콜) (에틸알콜)	알콜라트형성, 에스테르화반응, 탈리반응, 산화반응
	페놀	C_6H_5OH (페놀)	산성, 중화반응, 벤졸고리에서 치환반응 (o−, p−자리에서 진행)
$-C(=O)H$ 알데히드기	알데히드	$H_3C-C(=O)H$ (아세트알데히드)	산화반응(은거울반응), 환원반응(수소부가)
$-C(=O)-$ 카르보닐기	케톤	$CH_3-C(=O)-CH_3$ (아세톤)	알데히드보다 반응성이 약하다. 환원반응(수소부가)
$-C(=O)OH$ 카르복실기	카르본산	$H_3C-C(=O)OH$ (초산)	산성, 중화반응, 에스테르화반응
$-NO_2$ 니트로기	니트로화합물	$C_6H_5-NO_2$ (니트로벤졸)	환원(아닐린생성), 벤졸고리에서 치환반응 (m−자리에서 진행)
$-NH_2$ 아미노기	아민	$C_6H_5-NH_2$ (아닐린)	반응성이 크다. 벤졸고리에서 치환반응 (o−, p−자리에서 진행)
$-SO_3H$ 술폰기	술폰산	$C_6H_5-SO_3H$ (벤졸술폰산)	센 산성

탄화수소유도체들사이의 호상관계

$$C_2H_6 \xrightarrow{\text{치환}} C_2H_5Cl \underset{\text{치환}}{\overset{\text{물작용}}{\rightleftarrows}} C_2H_5OH \underset{\text{환원}}{\overset{\text{산화}}{\rightleftarrows}} CH_3CHO \underset{\text{환원}}{\overset{\text{산화}}{\rightleftarrows}} CH_3COOH$$

$$C_2H_5OH + CH_3COOH \;\; \underset{\text{가수분해}}{\overset{\text{에스테르화}}{\rightleftarrows}} \;\; CH_3COOC_2H_5$$

물질의 분리(물질 1과 물질 2로 이루어진 혼합물)

물질 1	물질 2	조작 1	조작 2
니트로벤졸	페놀	+NaOH, 액체분리	물질 1 + HCl, 액체분리
벤졸	페놀	+NaOH, 액체분리	물질 1 + HCl, 액체분리
톨루올	페놀	+NaOH, 액체분리	물질 1 + HCl, 액체분리
초산에틸	초산	+Na_2CO_3, 액체분리	물질 1 + H_2SO_4, 증류
초산알데히드	초산	+NaOH, 증류	물질 1 + H_2SO_4, 증류
에틸알콜	초산	+CaO, 증류	–
초산에틸	에틸알콜	+물, 반복세척	–

복습문제

1. 에틸알콜과 페놀은 모두 히드록실기 -OH를 가지고있다. 아래의 문장을 읽고 에틸알콜에 해당되는것, 페놀에 해당되는것, 두 물질에 다 해당되는것을 찾아내여라.

   1) 물에 잘 용해된다.

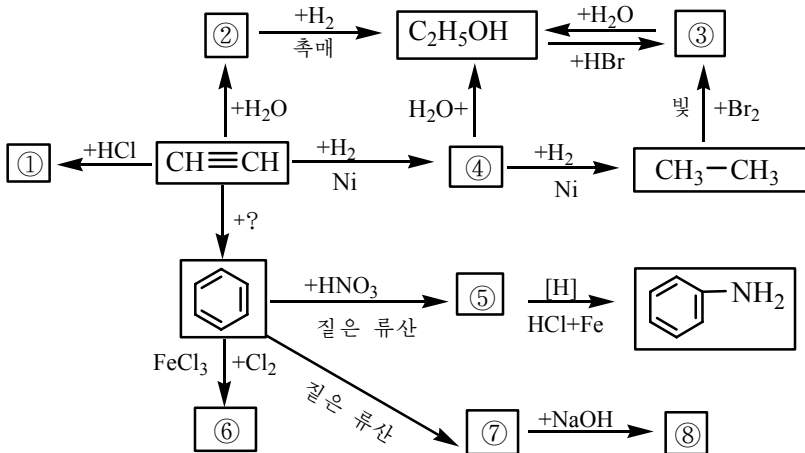
   2) 나트리움과 반응하여 수소를 내보낸다.

   3) 수산화나트리움과 반응하여 염을 만든다.

   4) 산화하면 알데히드가 생긴다.

   5) 질산과 반응하여 폭발성물질을 만든다.

2. 5개의 시험관에 메타놀, 벤졸, 포르말린, 개미산, 초산이 각각 들어있다. 어떤 방법으로 어느 시험관에 무엇이 들어있는지 알수 있겠는가? 화학반응식으로 쓰고 설명하여라.

3. 다음 화학반응도식을 완성하여라.

4. 에틸알콜과 초산의 물질량비가 1:1인 혼합용액 106g이 있다.

ㄱ) 이 두 물질을 따로따로 갈라내자면 어떻게 하여야 하는가?

ㄴ) 우의 실험을 설계하여라.

ㄷ) 갈라낸 에틸알콜을 70%용액으로 만들어 병원에서 소독약으로 쓰려고 한다. 순수한 물을 얼마나 넣어야 하는가?

(답. 19.7g)

ㄹ) 갈라낸 초산을 5%용액으로 만들어 식초로 쓰려고 한다. 물을 얼마나 넣어야 하겠는가?(답. 1 140g)

5. 석회석으로부터 다음 물질을 합성하는 과정을 화학반응식으로 쓰라.

ㄱ) 초산 ㄴ) 폴리초산비닐 ㄷ) 초산에틸에스테르 ㄹ) 아닐린

6. 어떤 알데히드의 조성에 탄소는 62.1%, 수소는 10.3%, 산소는

27.6% 들어있으며 그 증기밀도는 수소의 29배이다. 이 알데히드의 분자식, 구조식을 쓰고 이름을 부르라.

7. 다음의 □안에는 알맞는 화학식, ( )안에는 알맞는 이름을 써넣어라.

ㄱ) 메틸알콜을 산화하면 □( )가 생긴다. 이 물질의 수용액을 ( )이라고 부른다.

ㄴ) 에틸알콜을 산화하면 □( )가 생기고 다시 산화하면 □( )이 생긴다.

8. CH_3COONa에 묽은 염산을 넣으면 초산냄새가 난다.

$NaHCO_3$에 초산을 넣으면 이산화탄소가 나온다.

C_6H_5ONa수용액에 이산화탄소를 통과시키면 페놀이 생긴다.

HCl, H_2CO_3, C_6H_5OH, CH_3COOH의 네가지 산들을 산성이 강한것부터 차례로 놓아라.

9. 초산, 글리세린, 에틸알콜, 벤졸, 페놀이 각각 들어있는 병이 있다.

매 물질들을 어떻게 알아내겠는가?

10. 어떤 포화1가알콜을 초산과 반응시켜 에스테르를 만들었는데 이 에스테르의 분자량은 알콜분자량의 1.7배이다. 이 알콜의 화학식을 알아내여라.

11. 벤졸, 페놀, 니트로벤졸을 브롬화하려고 한다.

ㄱ) 어느 물질에서 반응이 쉽게 일어나겠는가?

ㄴ) 반응을 화학반응식으로 나타내여라.

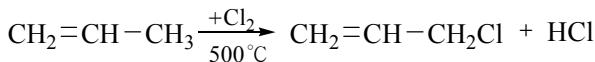
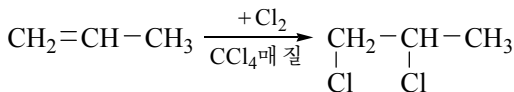
12. 3-메틸-2-부타놀에 산촉매가 있는데서 170℃이상으로 열을 주었다. 어떤 물질이 생기겠는가? 화학반응식으로 나타내여라.

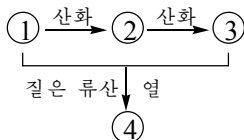
13. 0.1mol의 C_nH_mCOOH에 브롬이 완전히 부가될 때 브롬 32g이 든다. 0.1mol의 이 유기화합물이 완전히 연소될 때 생기는

CO_2과 H_2O의 물질량의 합은 3.4mol이다. 이 유기화합물의 시성식은 ______이다.

14. 프로필렌은 반응조건에 따라 할로겐과 다음과 같이 반응한다.

$$CH_2{=}CH{-}CH_3 \xrightarrow[CCl_4\text{매질}]{+Cl_2} \underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH_2}}{-}\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}{-}CH_3$$

$$CH_2{=}CH{-}CH_3 \xrightarrow[500^\circ C]{+Cl_2} CH_2{=}CH{-}CH_2Cl + HCl$$

프로필렌을 기본으로 하여 니트로글리세린을 합성하여라. 매 단계의 화학반응식을 쓰고 반응류형을 밝혀라.

15. 어떤 탄화수소의 산소유도체 ①, ②, ③, ④가 있다. 그중 ②와 ③은 은거울반응을 할수 있으며 또한 아래와 같은 변화관계를 가진다.

이때 ①, ②, ③, ④의 시성식은 다음과 같다.

① ______ ② ______ ③ _____ ④ _____

실 험

[실험 1] 금속의 활성비교

실험목적: 금속의 활성을 실험으로 검증하는데 있다.

실험기구: 알콜등, 연마지, 피페트, 시험관

시약 및 실험재료: 철선, 동선, 알루미니움선, 염산(1mol/L), 류산(1mol/L, 70%), 류산동(1mol/L), 류산아연(1mol/L), 질산은(1mol/L)

실험방법

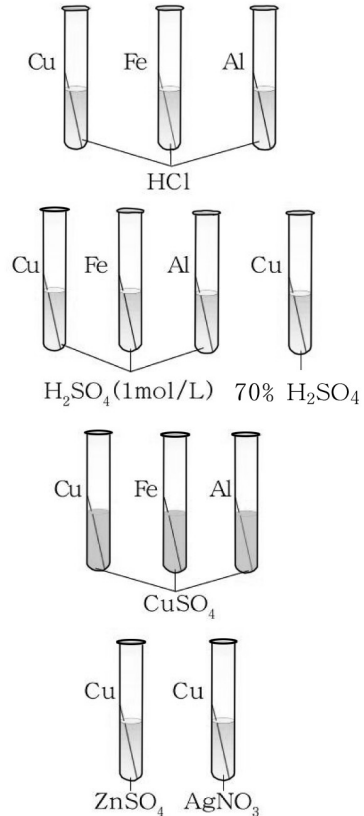
그림 1. 금속의 활성비교

① 세 시험관에 5mL의 염산을 넣고 걸면을 깨끗이 연마한 철선, 동선, 알루미니움선을 넣는다. 어떤 현상이 일어나는가를 관찰한다.

② 세 시험관에 5mL의 류산(1mol/L)을 넣고 우와 같이 철선, 동선, 알루미니움선을 넣고 현상을 관찰한다. 그리고 실험 ①과 비교한다.

③ 한 시험관에 70%류산 5mL를 넣고 여기에 동선을 넣은 다음 따스할 정도로 열을 준다. 어떤 현상이 일어나며 용액의 색이 어떻게 변화되는가?

④ 류산동용액 5mL를 세 시험관에 각각 넣고 여기에 철선, 동선, 알루미니움선을 넣는다. 나타나는 현상을 관찰하여라.

⑤ 두 시험관에 류산아연용액과 질산은용액 5mL를 각각 넣고

여기에 동선을 넣는다. 나타나는 현상을 화학방정식으로 쓰고 비교하여라. 금속의 활성차례를 나타내여라.

[실험 2] 암모니아의 만들기와 성질

실험목적

암모니아를 만들고 그 성질을 확증하며 기체만드는 장치를 꾸미고 다루는 방법을 익히는데 있다.

실험기구

고정대, 알콜등, 마른 시험관, 물그릇, 고무마개, 기체유도관, 유리막대기, 약저울, 약숟가락

시약 및 실험재료

염화암모니움, 수산화칼시움(소석회), 페놀프탈레인용액, 질은 염산

실험방법

① 염화암모니움고체와 수산화칼시움고체를 약저울에서 각각 2g씩 달고 어떤 냄새가 나는가를 알아본 다음 종이우에서 고루 섞어 마른 시험관에 넣는다.

② 혼합물이 들어있는 시험관에 기체유도관이 꽂힌 고무마개를 막고 장치를 고정대에 고정시킨다.
이때 시험관아구리를 수평보다 낮게 고정시켜야 한다.

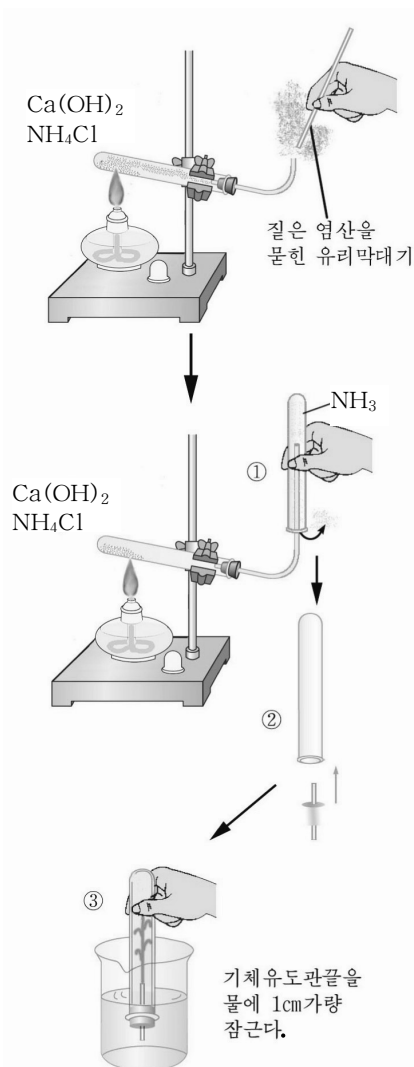



그림 2. 암모니아를 만들고 그 성질을 알아본다.

왜 그런가?

③ 혼합물이 들어있는 시험관밑부분에 약하게 열을 주면서 유리막대기에 짙은 염산을 묻혀 기체유도관끝에 가져간다. 어떤 현상이 나타나는가를 관찰한다.

④ 가열을 계속하면서 기체유도관끝에 마른 시험관(큰것)을 거꾸로 세우고 암모니아를 모은다. 이때 짙은 염산을 묻힌 유리막대기를 시험관아구리근방에 가져갔을 때 흰 연기가 생기면 마른 시험관에 암모니아기체가 다 찬것으로 본다. 흰 연기가 생기면 마른 시험관에 암모니아기체가 다 찬것으로 보는 리유는 무엇이며 흰 연기는 무엇이겠는가?

⑤ 암모니아가 들어있는 시험관을 거꾸로 세운채로 끝이 뾰족한 긴 유리관을 꽂은 고무마개로 막는다. 페놀프탈레인용액을 2~3방울 떨구어넣은 물에 유리관을 1~2㎝가량 잠근다. 이때 일어나는 현상을 관찰한다.

물음

① 실험에서 관찰한 현상에 기초하여 암모니아의 성질을 설명하여라.

② 암모니아를 마른 시험관에 모으는 까닭은 무엇인가?

[실험 3] 몇가지 화학비료 알아보기

실험목적

몇가지 화학비료를 알아보며 실험계획을 자체로 세우는 능력을 키우는데 있다.

실험기구

피페트, 시험관, 알콜등, 시험관집게, 스포이드

시약 및 실험재료

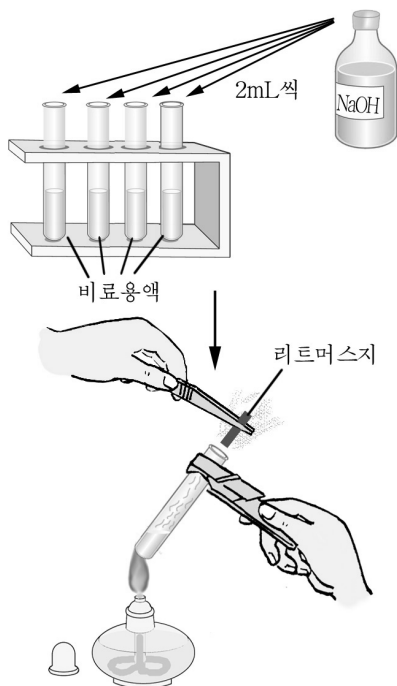
류안, 질안, 염안, 과석, 염화바리움용액, 수산화나트리움용액, 질산은용액(10%), 짙은 류산, 동쪼각, 붉은 리트머스지

실험방법

① 류안, 질안, 염안, 과석들에 이름대신 번호가 붙여져있다. 외형적으로 서로 다른 점을 찾는다.

② 비료용액들을 만든 다음 시험관 4개에 각각 매 비료용액에 해당한 번호를 붙이고 그 비료용액을 1mL씩 넣는다. 여기에 NaOH용액을 2mL씩 넣고 하나씩 알콜등으로 데우면서 암모니아냄새가 나는가를 확인하고 아구리에 물에 적신 붉은 리트머스지를 대여본다.(그림 3)

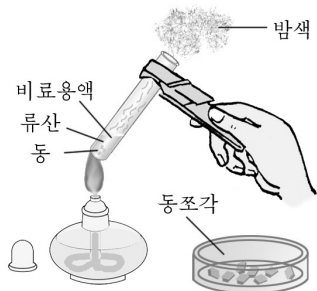
그림 3. 암모니움이온 알아보기

냄새가 나지 않고 리트머스지의 색이 변하지 않는 시험관은 암모니움이온이 없는 과린산석회($Ca(H_2PO_4)_2$)용액임을 알아낸다.

이 용액의 음이온을 알아보기 위해서는 $AgNO_3$용액을 작용시켜본다. 이때 노란색의 AgH_2PO_4이 생긴다.

③ 암모니아냄새가 나는 세 용액을 다시 빈 시험관에 각각 1mL씩 넣은 다음 염화바리움용액을 스포이드로 5방울정도씩 매 시험관에 떨구어보면서 침전물이 생기는가를 관찰한다. 침전물이 생기는 용액이 류안($(NH_4)_2SO_4$)용액이다. 이온방정식으로 나타내여라.

④ 나머지 두 용액을 다시 빈 시험관에 1mL씩 넣고 여기에 질산은용액을 피페트로 2~3방울정도 떨구어본다. 침전물이 생기는 용액이 염안(NH_4Cl)용액이다. 이온방정식으로 나타내여라.

그림 4. 질산이온 알아보기

⑤ 나머지용액은 질안용액이다. 질산이온을 알아보기 위해서 이

용액 1mL를 취하고 여기에 질은 류산 1mL를 넣고 동쪼각을 넣고 가열한다.(그림 4) 어떤 색의 기체가 나오는가?

실험에 기초하여 다음의 표를 작성하여라.

순서	비료 \ 작용시약	류안 (　)	질안 (　)	염안 (　)	파린산석회 (　)
①					
②					
③					
④					
⑤					

(①에는 비료의 외형적관찰을 나타내여라.)

[실험 4] 에틸렌의 만들기와 성질

실험목적

실험실에서 에틸렌을 만드는 방법과 그 성질을 검증하며 기체를 만드는 실험장치를 꾸미고 그것을 다루는 기능을 키우는데 있다.

실험기구

시험관, 기체유도관, 고정대, 알콜등, 고무마개

시약 및 실험재료

에틸알콜, 브롬수, 질은 류산, 사기쪼각

실험방법

① 한 시험관에는 에틸알콜 2mL, 질은 류산 6mL를 넣고 사

기쪼각 몇개를 넣은 다음 기체유도관을 꽂은 마개로 막는다. 다른 시험관에는 브롬수를 2mL정도 넣는다.

② 에틸알콜과 짙은 류산이 들어있는 시험관을 알콜등의 불길로 처음에는 약하게, 다음에는 점차 세게 가열한다.

? 사기쪼각은 왜 넣는가?

③ 기체유도관으로 나오는 에틸렌기체를 브롬수에 통과시킨다. 변화를 관찰한다.

④ 기체유도관으로 나오는 에틸렌기체에 불을 붙여본다.

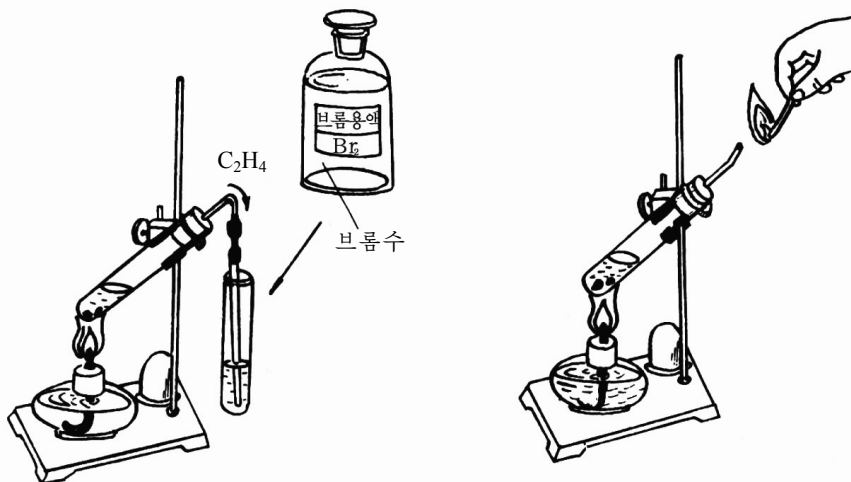



그림 5. 에틸렌의 브롬부가와 연소

⑤ 실험이 끝나면 알콜과 류산의 혼합물을 식히고 정해진 그릇에 모은다.

물음

① 에틸렌을 통과시킬 때 브롬수의 색이 변하는것은 무엇때문인가?

② 실험 ③과 ④의 순서를 바꾸어 진행하면 폭발할수 있다. 왜 그런가?

③ 에틸렌을 연소시키면 무엇이 생기는가?

[실험 5] 아세틸렌의 만들기와 성질

실험목적

아세틸렌을 만드는 방법과 그의 성질을 검증하며 기체를 만드는 장치를 꾸미고 그것을 다루는 기능을 키우는데 있다.

실험기구

삼각플라스크, 기체유도관, 시험관, 밑에 구멍이 뚫린 시험관, 고무마개, 가는 유리관

시약 및 실험재료

카바이드, 소금포화용액, 브롬수, 솜(또는 려지)

실험방법

① 밑에 구멍이 뚫린 시험관에 솜(또는 거품고무, 려지)을 조금 깔고 그우에 작은 카바이드쪼각 몇개를 넣은 다음 다시 솜을 넣는다. 기체유도관을 꽂은 고무마개로 시험관을 막고 소금포화용액이 있는 삼각플라스크에 잠근다. 이때 시험관에 넣은 카바이드에 소금물이 닿을 정도로 잠그어야 한다.

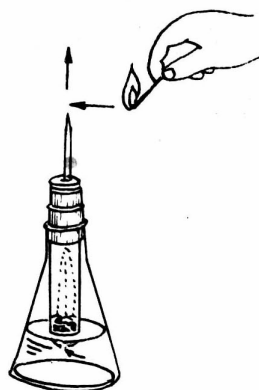
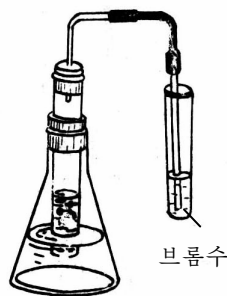



그림 6. 아세틸렌을 만들고 그 성질을 알아본다.

ⓘ 왜 소금포화용액에 잠그는가?

② 시험관에 브롬수를 2mL정도 넣고 기체유도관으로 나오는 기체를 통과시킨다. 브롬수의 색변화를 관찰한다.

③ 브롬수의 색이 없어지면 기체유도관끝을 우로 향하게 하고 기체에 불을 붙여본다. 불길의 색을 관찰한다.

④ 기체유도관끝에 불이 달린채로 카바이드가 들어있는 시험관

을 소금포화용액에서 들어올린다.

물음

① 아세틸렌이 연소될 때 그을음이 많은 불길을 내는것은 무엇때문인가?

② 아세틸렌을 통과시킬 때 브롬수의 색이 없어지는것은 무엇때문인가?

아세틸렌-공기혼합기체에 불을 대면 폭발하므로 시험관안의 공기가 아세틸렌에 의하여 다 쫓겨난 다음에 불을 붙여야 한다. 그러므로 우의 실험순서를 반드시 지켜야 한다.

[실험 6] 벤졸의 성질

실험목적

벤졸의 물리성질과 화학성질을 실험으로 공고히 하며 실험조작기능을 익히는데 있다.

실험기구

시험관, 알콜등, 스포이드, 사기접시, 삼발이와 쇠그물, 시험관대, 피페트, 비커

시약 및 실험재료

벤졸, 짙은 류산, 에틸알콜, 짙은 질산, 디에틸에테르

실험방법

① 3개의 시험관에 물, 에틸알콜, 디에틸에테르를 1~2mL씩 넣고 여기에 2~3방울의 벤졸을 각각 넣은 다음 뒤흔들어 시험관대에 세워놓는다. 어느 시험관에서 물질이 용해되는가?

② 사기접시에 벤졸을 2~3방울 떨구어넣고 불을 붙인다. 벤졸은 어떻게 타는가?

③ 시험관에 짙은 질산 1.5mL를 넣고 거기에 짙은 류산 2mL를 잘 흔들면서 섞는다.

섞인 산이 방온도로 식은 다음 흔들면서 거기에 벤졸 1mL를 방울방울 넣는다. 이때 열이 나며 뜨거워지므로 찬물로 식힌다. 젖처럼 걸죽해진 용액을 3~5min동안 놓아두었다가 50~60℃의 뜨거운 물속에 넣어 반응을 끝까지 진행시킨 다음 10~15mL의 물을 담은 비커에 쏟는다. 이때 누런색의 무거운 기름모양의 액체인 니트로벤졸이 가라앉는다. 니트로화반응의 화학반응식을 쓰라.

방울방울 넣는다

벤졸

가볍게 흔들면서

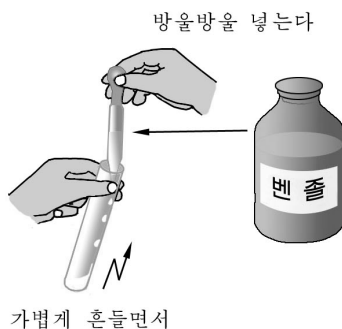



그림 7. 벤졸의 니트로화

물음

① 벤졸을 알콜대신 알콜등에 넣어 쓸수 있는가? 불탈 때의 화학반응식을 쓰라.

② 니트로화반응에서 반응온도가 지나치게 올라가는것을 조심해야 한다. 그것은 무엇때문인가?

[실험 7] 벤졸과 톨루올의 반응성 비교

실험목적

벤졸고리의 안정성, 벤졸과 벤졸동족체의 반응성을 정확히 인식하며 실험기구를 다루는 기능을 익히는데 있다.

실험기구

시험관, 피페트, 긴 유리관, 비커, 물그릇, 알콜등, 시험관대, 고정대, 삼발이, 석면을 붙인 쇠그물, 고무마개

시약 및 실험재료

벤졸, 톨루올, 짙은 류산, 파망간산칼리움용액(2%)

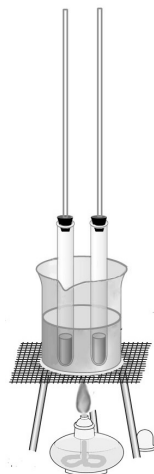
실험방법

① 벤졸, 톨루올을 각각 0.5mL씩 마른 시험관에 넣고 짙은 류산을 3mL씩 넣는다. 긴 유리관을 꽂은 마개로 막고 뜨거운 물속에서 시험관을 가끔 뒤흔들면서 데운다.
약 10min 지나서 두 시험관을 찬물에 담그어 식힌다.

② 찬물이 10mL씩 들어있는 두 시험관에 반응물을 각각 쏟는다. 반응물이 물에 용해되는가?

그림 8. 술폰화실험

③ 두 시험관에 물 3mL, 파망간산칼리움용액 1mL와 류산 1mL를 각각 넣는다. 다음 한 시험관에는 벤졸을, 다른 시험관에는 톨루올을 1mL씩 넣고 시험관을 세게 뒤흔든다.

④ 두 시험관을 시험관대에 세워둔다. 용액의 색이 변화되는가?

※ 어지러운 벤졸은 정제하여 써야 한다. 벤졸을 정제하려면 그것을 5.5℃아래로 식히면 된다. 이때 벤졸은 고체로 되고 우에 액체가 남는다. 액체를 찌워내면 깨끗한 벤졸이 얻어진다.

※ 술폰산은 물에 잘 용해되는 결정성물질이다.

물음

① 벤졸이 술폰화되지 않았다는것을 어떻게 알아볼수 있는가?

② 톨루올이 술폰화되였다는것을 어떻게 알아볼수 있는가? 화학반응식을 쓰라.

③ 벤졸이 산화되지 않았다는것을 어떻게 알아볼수 있는가?

④ 톨루올의 산화반응의 화학반응식을 쓰라.

[실험 8] 에틸알콜의 증류

실험목적

액체혼합물에서 개별물질들을 갈라내는 원리와 방법을 공고히 다지며 증류장치를 꾸미고 다루는 기능을 익히는데 있다.

실험기구

둥근밑플라스크(150mL), 온도계, 분축관, 수접관, 랭각기, 밀도계, 삼각플라스크, 알콜등, 메스플라스크, 고정대, 수욕, 비닐관, 고무마개

시약 및 실험재료

에틸알콜

사기쪼각

실험방법

① 밀도계로 물이 섞인 에틸알콜의 밀도를 잰다. 에틸알콜의 밀도표를 보고 농도를 알아낸다.

② 둥근밑플라스크에 에틸알콜용액 100mL와 사기쪼각 2~3개를 넣는다.

둥근밑플라스크를 수욕에 푹 잠기도록 고정대에 고정시킨 다음 그우에 분축관을 맞춘다. 분축관의 아구리에는 온도계를 꽂고 가지에는 랭각기를 맞춘다. 랭각기의 끌에 수접관을 달고 그끌에 삼각플라스크를 놓는다.

③ 랭각기의 아래로부터 우로 물이 흐르도록 한 다음 알콜등불

로 수욕을 덥히기 시작한다. 열을 받은 알콜은 증기로 날아나서 랭각기에서 액체로 되며 받는 그릇인 삼각플라스크에 방울방울 떨어진다. 시간이 지나 온도가 쑥 오르는 기미가 있으면 곧 증류를 멈춘다. 이것은 둥근밑플라스크에 들어있던 에틸알콜이 다 증류되였다는것을 의미한다.

④ 삼각플라스크에 받은 에틸알콜의 밀도를 잰다. 처음의 에틸알콜과 증류하여 얻은 에틸알콜의 %농도를 비교하여보아라.

물음

① 증류는 물질의 어떤 성질을 리용한것인가? 어떤 액체물질이건 다 증류할수 있는가? 온도계를 분축관의 결가지보다 더 깊숙이 또는 지내 올려다 꽂아도 되는가? 왜 그런가?

② 랭각기의 우에서부터 아래로 물이 흐르게 하면 안되는가?

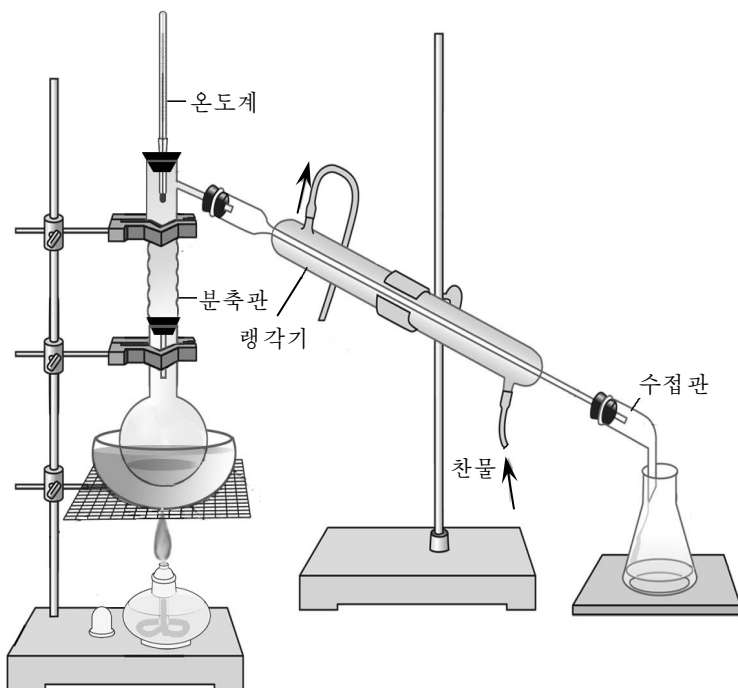



그림 9. 알콜의 증류장치

에틸알콜의 밀도와 %농도사이의 관계

밀도/g·cm^{-3}	질량%	체적%	밀도/g·cm^{-3}	질량%	체적%
0.986	8.1	10	0.913	50.2	60
0.975	16.3	20	0.889	62.4	70
0.965	24.7	30	0.863	73.5	80
0.951	33.4	40	0.834	85.7	90
0.934	42.5	50	0.789	100	100

[실험 9] 에틸알콜과 브롬화수소와의 반응

실험목적

알콜의 치환반응에 대한 지식을 공고히 하며 실험장치를 꾸미고 다루는 기능을 익히는데 있다.

실험기구

가지달린시험관, 비커, 알콜등, 온도계, 시험관, 유리관, 피페트, 고정대

시약 및 실험재료

에틸알콜, 브롬화칼리움(고체), 질은 류산, 무수염화칼시움

실험방법

① 가지달린시험관에 에틸알콜 3mL를 넣고 흔들면서 류산 3mL를 한방울씩 넣는다. 혼합물을 식히고 물 3mL와 브롬화칼리움 3g을 넣는다.

② 시험관아구리를 고무마개로 막고 곁가지에 유리관을 련결한 후 시험관을 고정시킨다. 유리관의 끝을 4mL의 물을 넣은

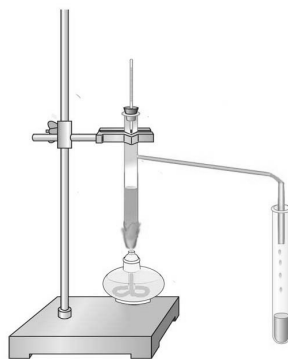
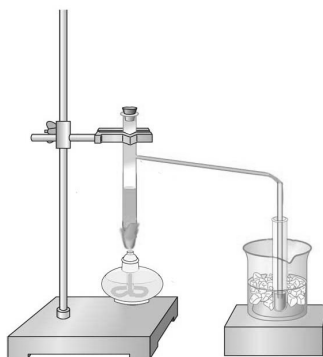



그림 10. 에틸알콜과 브롬화수소와의 반응

시험관에 잠근다. 이 시험관을 얼음물을 넣은 비커에 잠그어놓는다.

③ 반응물을 조심히 데운다. 끓기 시작하여 10~15min 지나면 기름방울모양의 액체가 물밑에 가라앉는다. 시험관을 빼고 알콜등의 불을 끈다.

④ 물층을 따라내고 찬물을 새로 넣고 뒤흔든 다음 세워두면 다시 브롬화에틸이 가라앉는다.

⑤ 브롬화에틸만 갈라내여 깨끗한 가지달린시험관에 옮기고 염화칼시움을 조금 넣은 다음 온도계와 랭각기를 꽂고 증류한다. 받는 그릇은 잘 식혀야 한다. 얻은 물질의 질량은 약 1.5g이다.

물음

① 반응을 화학반응식으로 쓰라.

② 이 실험에서 에틸알콜에 류산과 브롬화칼리움을 작용시키는 것은 무엇때문인가?

[실험 10] 알데히드의 은거울반응

실험목적

은암민착화합물을 만드는 방법과 포름알데히드의 성질을 검증하고 거울을 만드는 방법을 익히는데 있다.

실험기구

시험관, 스포이드, 피페트, 온도계, 알콜등, 비커, 시험관대, 약숟가락

시약 및 실험재료

포르말린, 질산은용액(1%), 암모니아수(2~3%), 질산용액, 고체탄산나트리움, 증류수

실험방법

① 시험관을 탄산나트리움으로 깨끗이 씻고 다시 증류수로 씻는다.

② 깨끗이 씻은 시험관에 2mL의 질산은용액을 넣고 암모니아수를 스포이드로 떨구어넣는다. 용액은 흐려진다. 시험관을 가볍게 흔들면서 흐려졌던 용액이 맑아질 때까지 암모

니아수를 한방울씩 떨구어넣는다.(맑아진 다음 더 넣지 말아야 한다.) 이것이 은암민착화합물용액이다.(그림 11)

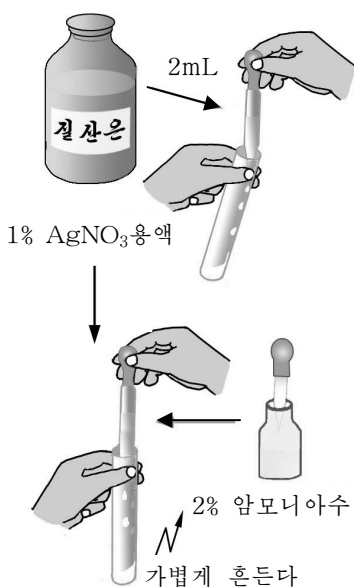
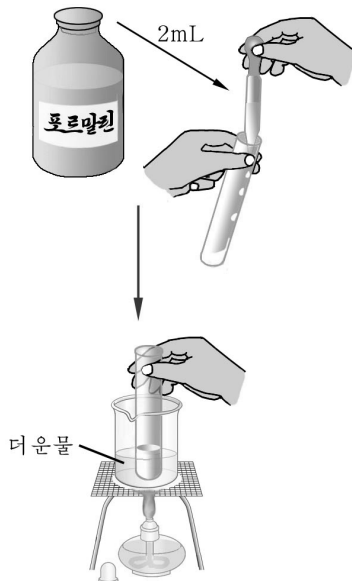



그림 11. 은암민착화합물용액 만들기　　그림 12. 포르말린의 은거울반응

③ 은암민착화합물용액이 들어있는 시험관에 2mL의 포르말린을 넣는다. 반응혼합물이 든 시험관을 50~60℃의 더운물속에 몇min동안 잠근다.(그림 12) 시험관벽에 무엇이 생기는가?

④ 실험이 끝나면 시험관안의 반응액을 정해진 그릇에 모은다. 시험관에 묽은 질산을 조금 넣어 생긴 은거울을 벗겨버린다. 이것도 그릇에 모은다.

물음

① 시험관을 왜 깨끗이 씻어야 하는가? 시험관을 탄산나트리움으로 씻으면 어떻게 되는가?

② 은거울이 생기는 반응의 화학반응식을 쓰라.

③ 시험관벽의 은이 질산에 용해되는 과정을 화학방정식으로 나타내여라.

실험문제

실험문제 1. 중조와 탄산소다 갈라보기

갈라보는 방법은 페놀프탈레인알림약을 리용하는 방법, 침전물이 생기는 반응을 리용하는 방법, 마른 시험관에 시약을 넣고 열분해시키는 방법을 리용할수 있다.

어떤 방법을 써서 쉽게 가려볼수 있는지 확증해보아라.

그리고 매 방법이 어떤 성질에 기초하는것인지 설명해보아라.

실험문제 2. 유기물질의 검출

4개의 시험관에 각각 메타놀, 글리세린용액, 포르말린, 초산용액이 들어있다.

어느 시험관에 무엇이 들어있는지 알아내여라.

화학(중학교 제5학년용)

집 필 리대형, 손경철, 부교수 오혜심

심 사 심의위원회

편 집 김미란

콤퓨터편성 김광영, 김미란

장 정 김광영

교 정 한순희

낸 곳 교육도서출판사

인쇄소 외국문출판사인쇄공장

인 쇄 주체101(2012)년 3월 1일

발 행 주체101(2012)년 3월 10일

교-11-보-781

값 15원